Involucri
(pareti opache, superfici finestrate, ponti termici)

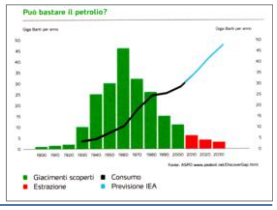
Tecniche Edilizie e Dettagli costruttivi per migliorare l'efficenza dell'edificio

Ma voi quanto spendete di Riscaldamento, illuminazione e condizionamento?

Consumi di energia fossile

Nel 2005 abbiamo usato 5 volte la quantità di petrolio scoperto nel corso dello stesso anno. Le nuove scoperte di giacimenti non erano state così basse dalla Seconda Guerra Mondiale; il divario tra il consumo e le riserve scoperte si sta dunque ampliando. Secondo l'IEA (Agenzia Internazionale per l'Energia), se non facciamo qualcosa, la richiesta mondiale di petrolio raggiungerà i 115 milioni di barili al giorno entro il 2030, ben superiore agli 85 milioni odierni. Le attuali riserve non sono sufficienti.

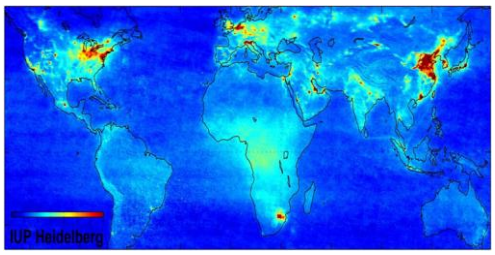
Quattro volte il quantitativo di petrolio estratto dalle installazioni del Mare del Nord, devono infatti essere scoperti in meno di 25 anni.



ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Livelli di biossido di azoto NO_2

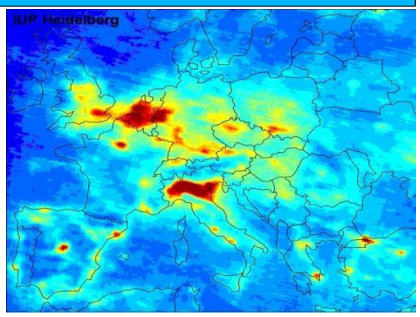
.un'immagine ricavata dal satellite Envisat, pubblicata nel 2004, con i livelli di biossido di azoto (NO2).



ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Dettaglio del livello europeo di biossido di azoto

Articolo del 18/10 su La Repubblica.it



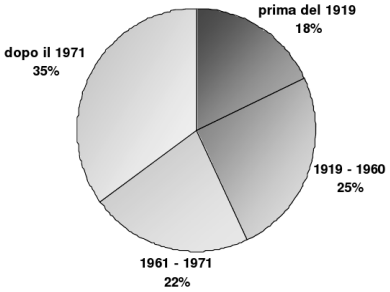
ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

I consumi – Quote per settore di uso finale dei consumi di energia (2005)

Fonte: elaborazione su dati MSE

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

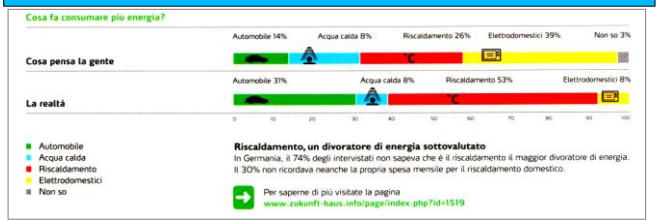
Il patrimonio edilizio esistente – il 32% del consumo di energia



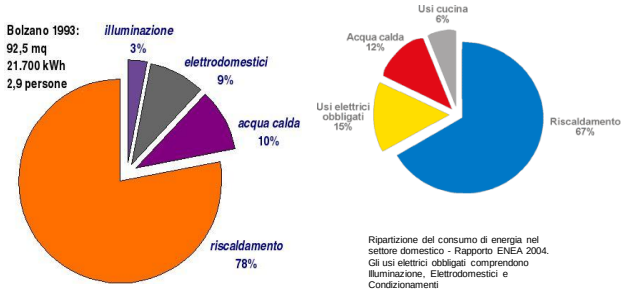
(Fonte: Censis/Istat, 1999)

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Consumi di Energia



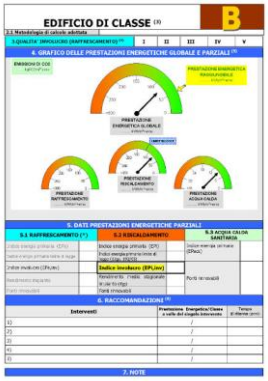
Consumi domestici

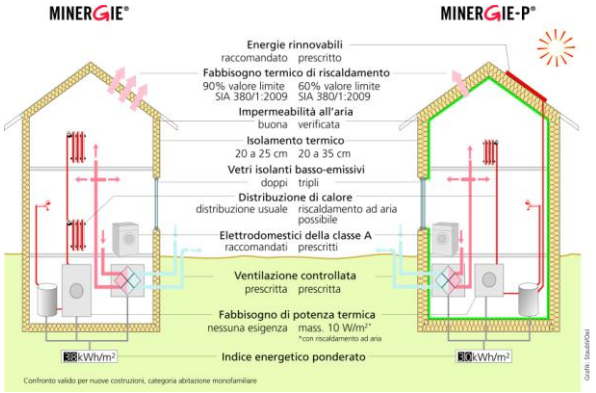


Ripartizione del consumo di energia nel settore domestico - Rapporto ENEA 2004.
Gli usi elettrici obbligati comprendono Illuminazione, Elettrodomestici e Condizionamenti

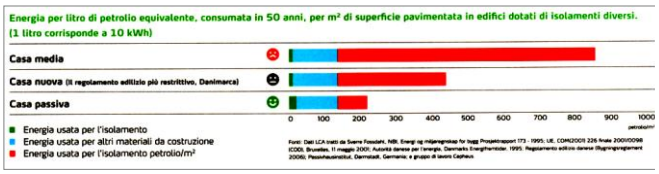
I consumi complessivi di un edificio

Certificato Energetico

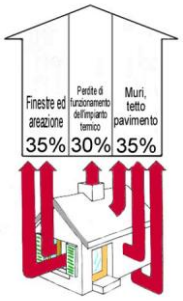




Consumi di Energia

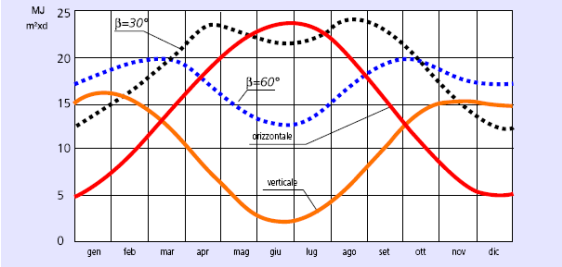


Dispersioni di un edificio

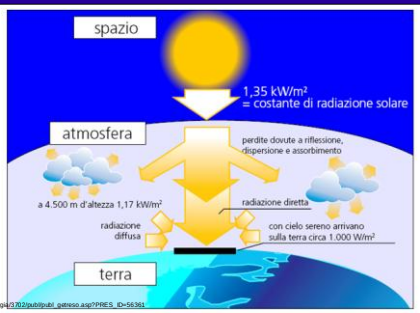


Tratto da U.F.E.

Zone Climatiche

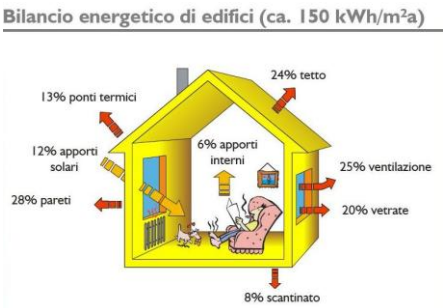


http://www.provincia.bz.it/acque-energia/3702/publ/publ_gatreso.asp?PRES_ID=56361

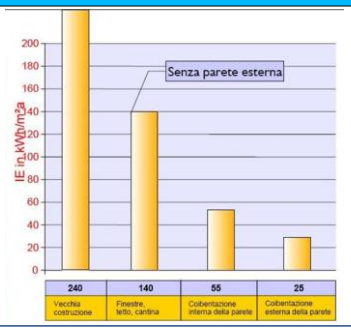


http://www.provincia.bz.it/acque-energia/3702/publ/publ_gatreso.asp?PRES_ID=56361

Il Bilancio energetico di un edificio



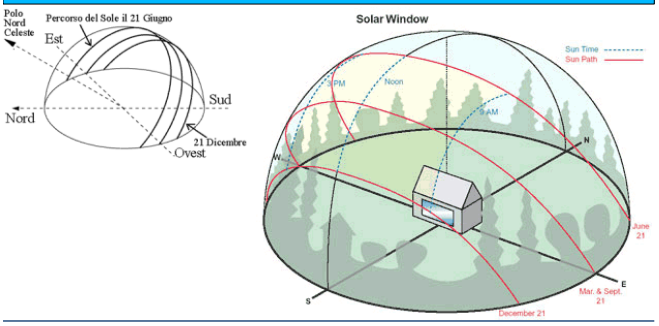
I consumi delle case



I fatti

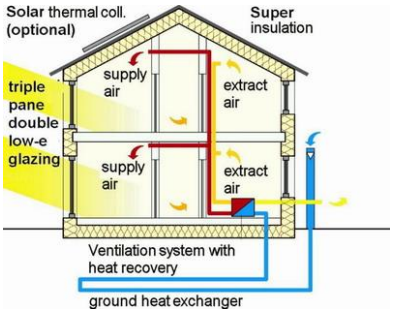
- Mantenere l'attuale tenore di vita
- Aumento del costo dell'energia
  - Aumento del costo del riscaldamento
  - Aumento dell'eventuale raffrescamento
- L'unione europea ha bisogno di un approvvigionamento di fonti energetiche
- Aumento del prezzo del petrolio
- Gli edifici di civile abitazione consumano circa 1/3 dell'energia primaria
- Esistenza di edifici più efficienti (Germania)
- Dobbiamo rispettare il protocollo di Kyoto (-8% di CO_2 rispetto al 1990)
- Le fonti rinnovabili incideranno in percentuali ridotte sul bilancio energetico complessivi

Le condizioni al contorno: Il Percorso Solare



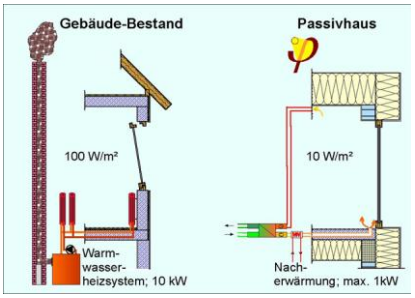
La passivhaus

- Le esperienze condotte in Germania sono tra le più avanzate dell'Unione europea, si possono trarre delle utili indicazioni
- Lo standard passivhaus è l'ultimo risultato delle politiche per la riduzione dei consumi
- Sfrutta gli apporti solari
- Recupera l'aria calda
- E' perfettamente isolata rispetto l'esterno



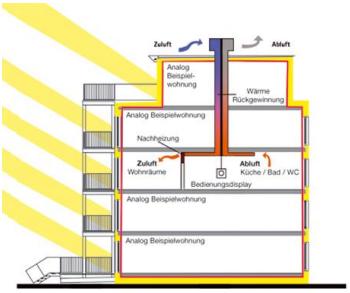
I consumi di una casa passiva

- Una casa costruita secondo questo standard consuma circa 1/10 di un equivalente edificio che rispetti la legge 10/91 (una casa di 100 mq consuma appena 150 litri di combustibile equivalente)



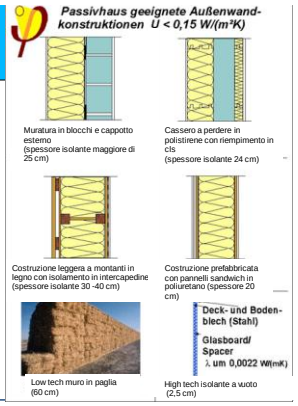
Le caratteristiche dell'edifico

- L'involucro molto ben isolato mantiene efficacemente il poco calore fornito (o quello prodotto all'interno della casa).
- Per ottenere questi risultati è necessario:
  - Elevato isolamento delle pareti opache;
  - Isolamento delle parti controterra
  - Vetri in grado di far passare la luce ma trattenere il calore (triplo vetro)
  - Prestare attenzione al collegamento infisso - muro
  - Recupero del calore con ventilazione controllata
  - Tenuta all'aria dei serramenti
  - Distacco degli elementi aggettanti

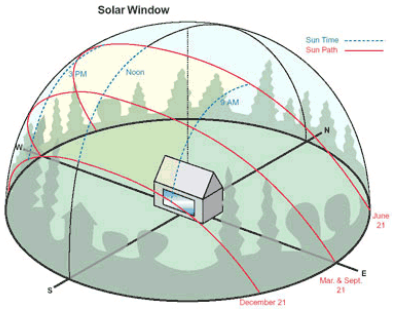


Tipi di involucri opachi per la casa passiva

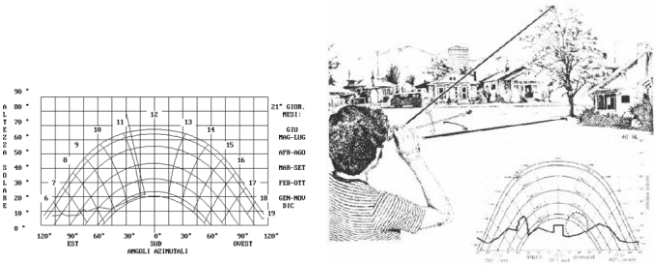
- Lo standard passivhaus impone un valore di 0,10 Wm^2/K per le pareti questo comporta, per il clima tedesco, spessori dell'isolante superiore a 30 cm



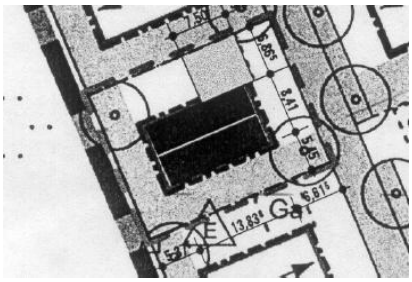
Percorso Solare e Ombre



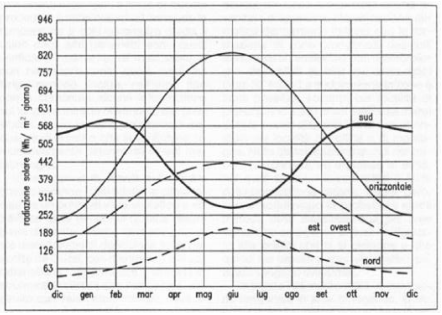
I diagrammi solari



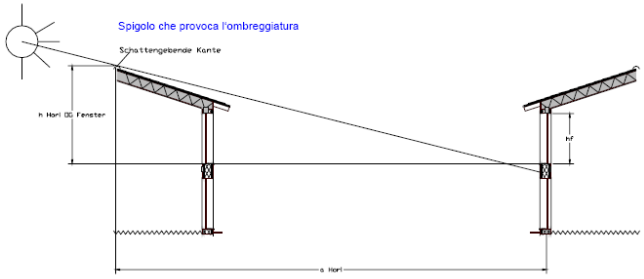
L'orientamento planimetrico



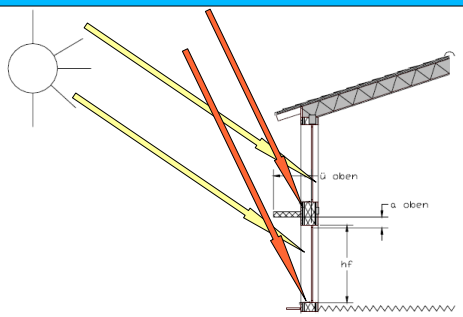
L'esposizione delle pareti



Le ombre portate

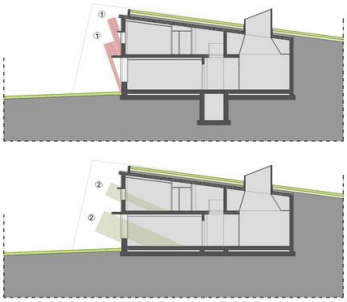


Sistemi passivi di protezione dall'insolazione



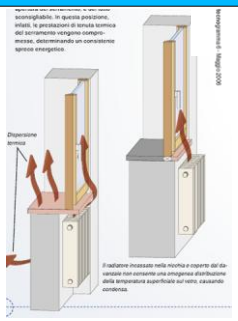
Esempio

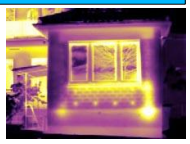
- Siamo passati da una scala di quartiere, attraverso una scala di isolato per arrivare all'edificio e infine (contemporaneamente su tutti i livelli) al dettaglio costruttivo.
- Manca un elemento successivo:
  - Il dettaglio esecutivo

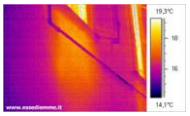


Errori Esecutivi

- Vecchio sistema costruttivo
  - Radiatore in nicchia
- Nuove tendenze
  - Radiatore protetto da isolante e inerzia muraria, interruzione del bancale della finestra
  - Riscaldamento a pavimento
- Non sufficiente nei bagni
  - Riscaldamento a parete radiante
- Necessita di parete libera





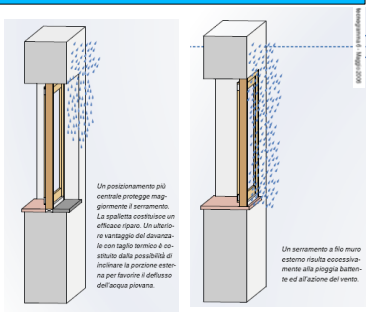


Per raggiungere il comfort

La nostra scuola

Dettagli: Posizione del serramento

- Pregi e difetti della posizione di posa
  - Posizione arretrata
- Protezione del serramento dagli agenti atmosferici
- Allineamento con l'isolante contenuto nell'involucro murario
- Parziale ombreggiamento fornito da spallette e architrave
  - Posizione avanzata
- Continuità con isolamento (casaclima)
- Sfruttamento parte interna del davanzale
- Possibile riduzione dello spessore del davanzale (miglior affaccio)

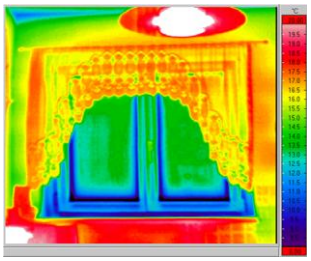


Dettagli: Eliminazione dei Ponti termici dei poggioli

Autore: Ernesto Antonini

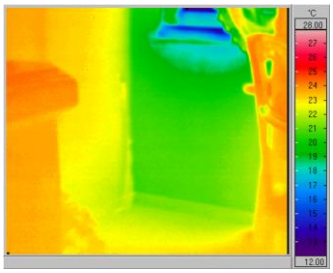
Dettagli: Prese d'aria per il ricambio dell'aria della cucina

Formazione di condensa su una finestra



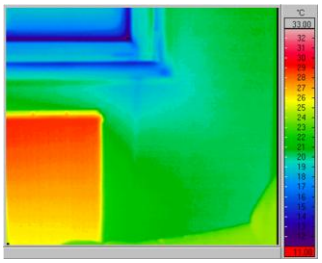
http://www.gutachter.at/seite4.htm

Infiltrazioni



http://www.gutachter.at/seite4.htm

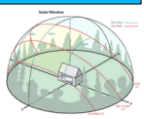
Ponti Termici e infiltrazioni di una parete esterna



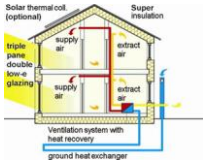
http://www.gutachter.at/seite4.htm

I tre punti fissi per il risparmio energetico

Esposizione al sole e forma dell'edificio compatibili



Involucro esterno isolato, traspirante, con massa termica adeguata.



Impianto riscaldamento/raffrescamento efficiente

Cosa non fare

- Posizionamento nel lotto e forma fisica
  - -ombreggiatura da parte di preesistenze (minimizza il guadagno termico da irraggiamento solare)
  - -posizione esposta (determina la perdita di calore a causa del vento)
  - -forme complesse (aumentano il fabbisogno energetico)
- Distribuzione interna
  - -suddivisione interna che non tiene conto delle zone termiche (aumenta le dispersioni termiche e il fabbisogno energetico)
- Involucro
- Aumento delle dispersioni termiche:
  - -concentrazione delle aperture a nord
  - -isolamento insufficiente o mal posizionato
  - -presenza di ponti termici
  - -finestrature troppo estese
- Eccessivo riscaldamento nel periodo estivo:
  - -presenza di coperture vetrate o di serre a sud non schermate o eliminate nel periodo estivo
  - -mancanza di aperture per la ventilazione naturale
  - -scarsa inerzia termica
  - -finestrature troppo estese (al contrario però, finestrature scarse aumentano il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione artificiale)

Tratto da http://costruire.corriere.it/Dossier/articoli/2007/06_Giugno/08/materiali.shtml

Il calore

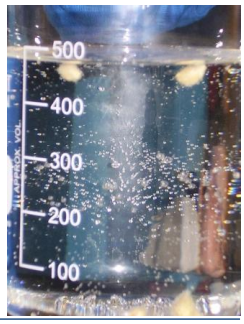
- Come avviene il passaggio di calore?
- Il passaggio avviene tra un corpo a temperatura più alta verso un corpo a temperatura più bassa
- Maggiore è la differenza di temperatura maggiore è il flusso di calore
- La trasmissione di calore avviene:
  - Conduzione
  - Convenzione
  - Irraggiamento
  - Cambiamento di fase

Conduzione

- La trasmissione avviene per diretto contatto tra i solidi
- Se il calore viene a contatto con un materiale isolante la conduzione diminuisce tanto maggiore è la capacità isolante

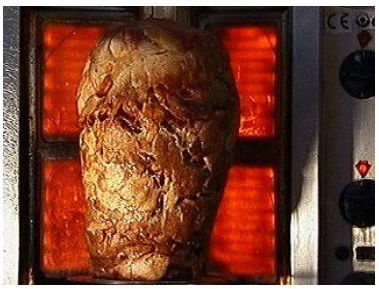
Convenzione

- La convenzione di calore è la trasmissione di calore che avviene con spostamento di materia in un liquido o in un gas.
- La materia calda si sposta verso l'alto, mentre quella fredda verso il basso.
- L'acqua più calda e con densità minore sale verso l'alto prendendo il posto di quella più fredda con densità maggiore che scende verso il basso.
- Le molecole dei fluidi, muovendosi trasportano l'energia
- Meno l'aria si muove minori sono i moti convettivi



Irraggiamento

- Un corpo caldo nel vuoto (senza contatto con l'aria e altri corpi si raffredda.
- Il fenomeno si spiega con la teoria ondulatoria elettromagnetica e la meccanica quantistica
- Più semplicemente è il caso del caminetto e dei convettori tradizionali



Cambiamento di Fase (C.P.M.)

- Ogni cambiamento di fase comporta la cessione o l'acquisizione di energia (il passaggio da gassoso a liquidio implica la restituzione dell'energia sottratta per trasformarlo in vapore.
- In un ambiente riscaldato l'aria contiene una certa quantità di vapore che a contatto di un corpo freddo si condensa.
- In presenza di "spifferi la perdita di calore è maggiorata dal cambiamento di fase
- Esistono materiali che utilizzano questa proprietà per migliorare il comfort delle abitazioni

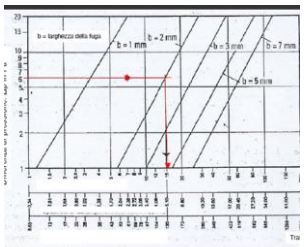
Gli errori costruttivi: Perdite dell'isolamento

- La posa non perfetta lascia una fessura (anche solo di 3 mm) tra i pannelli.
- Il calore esce per i moti convettivi – nella fessura si generano moti di particelle che portano all'esterno il calore dell'aria

	Clima interno	Clima esterno
Temperatura dell'aria	20 °C	0 °C
Umidità relativa dell'aria	50 %	80 %
Pressione di saturazione	2 337 Pa	611 Pa
Pressione di vapore	1 168 Pa	488 Pa
Diffusione sup. parete esterna 15 m²	M = 6,6 g/d	
Convezione Fessura: 3mm di largh., 1m di lungh., diff. di pressione 3 Pa	M = 484 g/d	Nota: g/d = grammi/giorno

Perdite dell'isolamento

- Con una fuga di 2 mm e un Δp di 6 Pa
  - Passaggio d'aria pari a 15 mc/ora,
  - Perdita di calore di 5 W/(ml*K)
  - Passaggio di vapore per moti convettivi pari a 130 g/(ml*ora)



IORMOGRAMMA DI POHL

Materiali isolanti

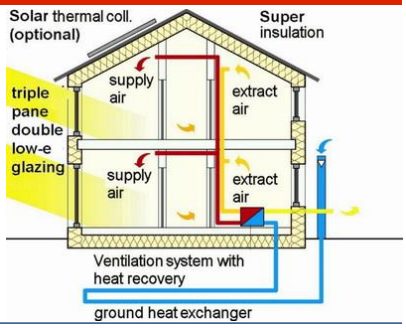
- Il potere di isolamento è legato a due fattori
- La conducibilità termica λ (tipico di ogni materiale
- Lo spessore del materiale d

- Conducibilità alta →poco isolante
- Conducibilità bassa →molto isolante
- Spessore alto →alto isolamento

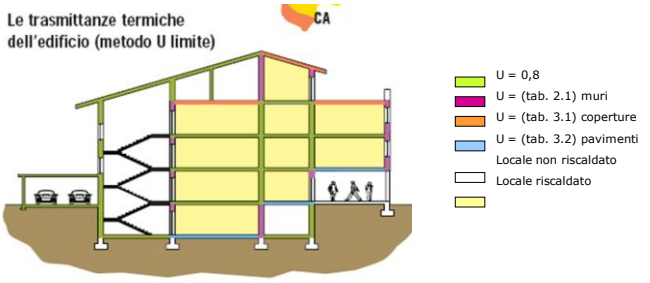
D. Lgs 192/05 e D. Lgs. 311/06

La classificazione energetica comprende

- Involucro edilizio:
  - Murature
  - Serramenti
  - Vespaio aerato
  - Copertura aerata
- Impianti
  - Riscaldamento
  - Condizionamento
  - Elettrico
  - Solare (termico e fotovoltaico)



Trasmittanza delle superfici dell'edificio



Orientamenti Tecnologici

Sistemi ad Umido (impiego di leganti di origine cementizia

- Muratura in laterizio porizzato e cappotto esterno
- Muratura in cls cellulare e cappotto esterno

Sistemi a secco

- involucro in legno
- Sistema Diwem
- Fibra di legno mineralizzata (nomi commerciali Celenit e Eraclit)

Un muro a Cappotto

Muratura in mattoni porizzati

- **Pregi**

  Coefficiente U a norma,
  ottima traspirabilità al vapore,
  costi ragionevoli.

- **Difetti**

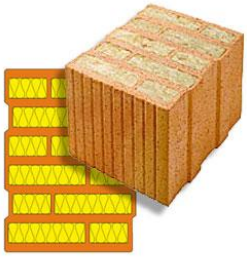
  Spessore parete abbastanza consistente,
  Tempi di posa ordinari.

Tipi di mattoni

http://www.wienerberger.it/

Mattone a grandi fori con lana di vetro

- Mattone termoisolante rettificato portante con riempimento delle forature in lana di roccia..
- Raggiunge una trasmittanza-U di 0,25 W/mqK con uno spessore di soli 30 cm.
- Nelle forature sono inseriti dei setti di lana di roccia,
- Con lo spessore di 36,5 cm ed intonaco isolante di 2 cm di spessore si raggiunge un valore di trasmittanza-U di 0,20 W/mqK , rientrando nella classe "A" per CasaClima.
- Sistema di posa con rullo distributore della colla cementizia + rete in fibra di vetro.
- Costruzione dicase mono-bifamiliari e villette a schiera.

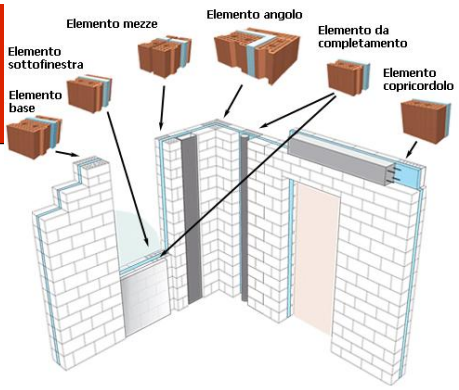


Mattone in laterizio a piccoli fori con isolante incorporato

- Coriso, prodotto da Unipor nelle sue versioni w8, w11 e w12 in base al valore della propria conducibilità termica, è un mattone rettificato in piano con isolamento termico incorporato in granulato minerale. Il prodotto, presentato in anteprima al Bau 2007, è stato certificato nella versione w8 per la realizzazione di case passive, ma non è ancora disponibile sul mercato italiano. Il mattone Coriso, inoltre, è caratterizzato da fori di piccola dimensione, che gli permettono di essere tagliato in cantiere senza modificare la bassa conducibilità termica che lo connota.
- Spessore: 300-490 mm
- Conducibilità termica: 0,08 W/mK

Tratto da http://costruire.corriere.it/Dossier/articoli/2007/06_Giugno/08/materiali.shtml

Sistema di montaggio



La Posa dei mattoni rettificati

Muratura in cls cellulare

- **Pregi**
- Coefficiente U assai basso,
- ottima traspirabilità al vapore,
- tempi di posa rapidi,
- spessori ridotti.
- **Difetti**

Necessaria grande precisione nella posa in opera

grande professionalità della manodopera.

Muratura in cls cellulare

Muratura in cls cellulare

Muratura in cls cellulare

- **Pregi**

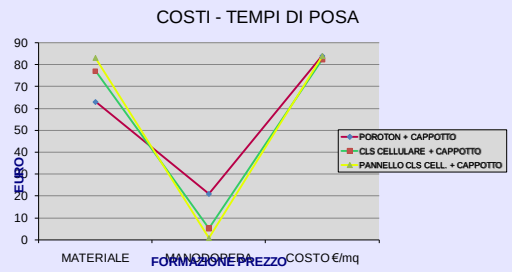
Coefficiente U assai basso,
ottima traspirabilità al vapore,
tempi di posa rapidi,
spessori ridotti.

- **Difetti**

Necessaria grande precisione nella posa in opera

quindi grande professionalità della manodopera.

Considerazioni Economiche



Involucro in Legno

- Pregi

  Coefficiente U molto basso,

  spessore della muratura assai conveniente.
- Difetti

  Massiccio uso di isolanti sintetici (barriere vapore),

  scarsa resistenza alle azioni orizzontali,

  sconsigliato l'uso di impianti a gas,

  pericolo d'incendio.

Facciata stratificata in legno

- Proposta da Legnolego, ha uno spessore totale di 360-370 mm e ha le seguenti caratteristiche.

-Pannello fibra di gesso/intonaco interno: 12,5 mm (800÷1100 kg/m3)

-Pannello in lana di legno mineralizzata: 25 mm (350÷400 kg/m3)

-Intercapedine/vano impianti: 90 mm (da 60 a 140 mm)

-Modulo Legnolego in abete rosso: 100 mm (500 kg/m3)

-Pannello fibra di legno: 40+40 mm (160 kg/m3)

-Guaina traspirante: 1 mm

-Pannello in lana di legno mineralizzata: 50 mm (350÷400 kg/m3)

-Intonaco esterno: 15÷18 mm (1.600 kg/m3)

-Trasmittanza: 0,20898 Wm2K

-Sfasamento: 18 ore+55 minuti

-Aumentando lo spessore della fibra di legno di 80 mm, cambiano le risposte in termini di trasmittanza e sfasamento.

-Trasmittanza: 0,1478 Wm2K

-Sfasamento: 24 ore+26 minuti

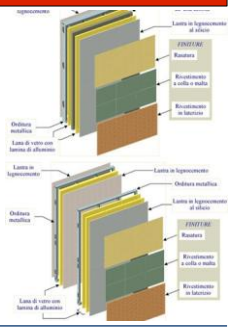
Dettagli del sistema

Dettagli del sistema

Sistema diwem

.Le pareti per esterno "Diwem Wall Ex" vengono comunemente utilizzate come tamponature esterne con la garanzia di ottenere le migliori prestazioni termo-acustiche con spessori complessivi limitati.

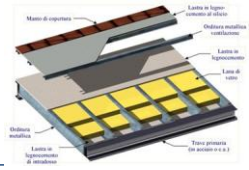
.E' possibile realizzare pareti di **altezza fino a 10,00mt**, con **isolamento acustico fino a 92dB** notevolmente superiore alle prescrizioni imposte dalle normative sia nazionali che locali, con **spessori da 100 a 300mm**, valori di **trasmittanza minimi di 0,1000 W/m2 K** e **tempi di sfasamento dell'onda termica fino a 15h14'.** Le prestazioni migliori si ottengono attraverso le doppie-pareti **"Diwem double Wall Ex" in quanto la parete interna può essere utilizzata per il passaggio degli impianti** mentre quella più esterna viene lasciata integra per rivestire anche gli elementi strutturali assicurando la limitazione massima dei ponti termici e migliorando l'isolamento acustico.



Sistema Diwem: Solai e massetti

.Lo stesso elemento tecnologico viene utilizzato come solaio e prende il nome di "DIWEM Floor" vengono utilizzati come diaframmi orizzontali (o inclinati) strutturalmente dedicati alle stesse funzioni dei più convenzionali solai in laterocemento o orditi con profili in acciaio da carpenteria.

.E' possibile realizzare solai con luci fino a 6,00mt per carichi ordinari di civile abitazione, e con luci ancora maggiori per carichi inferiori, quali quelli relativi ai sottotetti o alle coperture. All'interno della struttura sono interposti strati di isolante che forniscono al solaio caratteristiche coibenti, sia termiche che acustiche arrivando ad avere un potere fonoisolante fino a 84dB, con spessori variabili da 125 a 290mm.

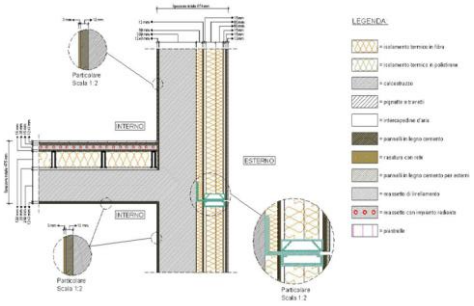


Realizzazioni di pareti

Realizzazione di un solaio con il sistema Diwem

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Integrazione di uno sceletro in calcestruzzo preesistente



ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Fibra di legno mineralizzata

.Sono una famiglia di pannelli isolanti termici ed acustici costituiti da fibre di abete mineralizzate rivestite da un legante minerale: il cemento Portland. Viene anche prodotta l'importante famiglia degli accoppiati, ottenuti dall'unione di uno o due pannelli Celenit con altri isolanti, questo per ottenere il meglio delle caratteristiche del Celenit e delle caratteristiche degli altri isolanti.

.Sono costituiti per il 65% di fibre di abete lunghe e resistenti e dal 35% di leganti minerali, principalmente cemento Portland. Le fibre vengono sottoposte ad un trattamento mineralizzante che, pur mantenendo inalterate le proprietà meccaniche del legno, ne annulla i processi di deterioramento biologico, rende le fibre perfettamente inerti e ne aumenta la resistenza al fuoco. Le fibre vengono rivestite con cemento Portland, legate assieme sotto pressione a formare una struttura stabile, resistente, compatta e duratura.

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Serramenti

Anche i serramenti devono rispondere ai principi appena illustrati.

E', perciò, quanto meno auspicabile non vi siano grandi differenze prestazionali tra muratura e serramento, in modo da ridurre la differenza tra trasmittanze e quindi la formazione di veri e propri ponti termici in corrispondenza dei serramenti.

OCCORRE PROGETTARE

PERSEGUENDO

IL MAGGIOR EQUILIBRIO ENERGETICO POSSIBILE

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Case Passive

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Ponti Termici del pilastro

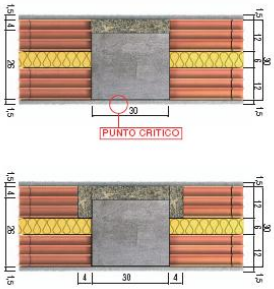


Fig. 4
Ponte termico pilastro - parete
Correzione ordinaria (CO)

Fig. 5
Ponte termico pilastro - parete
Correzione accurata (CA)

Ponte Termico del Pilastro d'angolo

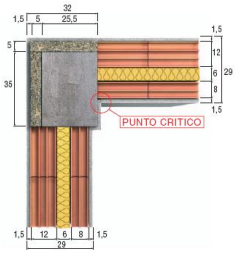


Fig. 7
Ponte termico di pilastro in angolo
Correzione ordinaria (CO)

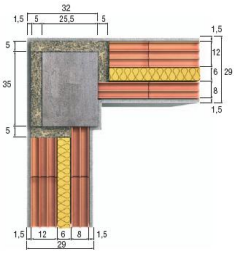


Fig. 8
Ponte termico di pilastro in angolo
Correzione accurata (CA)

Il solaio – la soluzione ordinaria

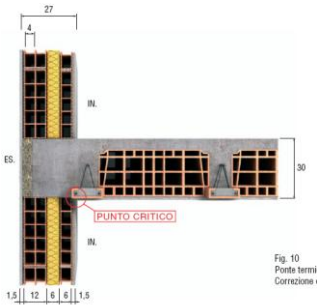


Fig. 10
Ponte termico solaio - parete
Correzione ordinaria (CO)

Solaio su portico

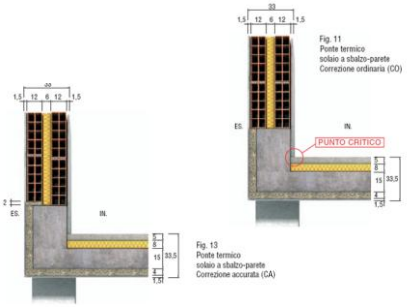


Fig. 11
Ponte termico
solaio a sbalzo-parete
Correzione ordinaria (CO)

Fig. 13
Ponte termico
solaio a sbalzo-parete
Correzione accurata (CA)

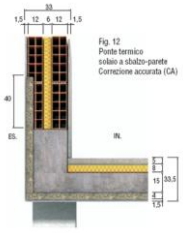
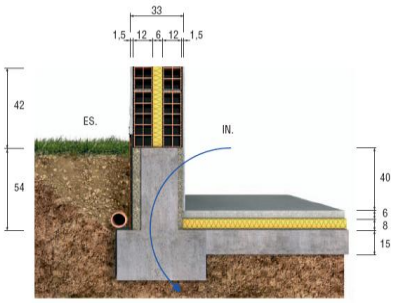


Fig. 12
Ponte termico
solaio a sbalzo-parete
Correzione accurata (CA)

Locali interrati



Parete Controterra

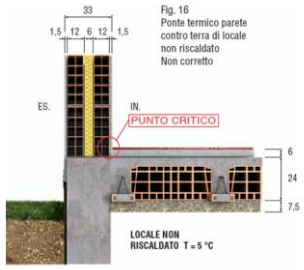


Fig. 16
Ponte termico parete
contro terra di locale
non riscaldato
Non corretto

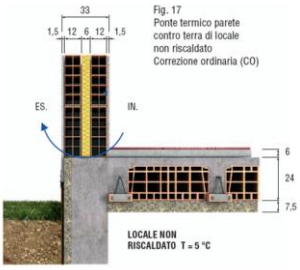


Fig. 17
Ponte termico parete
contro terra di locale
non riscaldato
Correzione ordinaria (CO)

Parete controterra

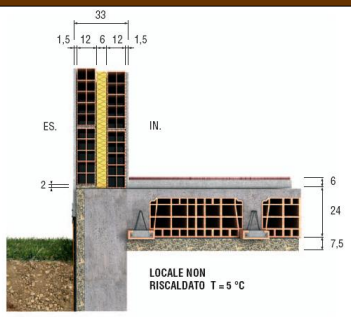


Fig. 18
Ponte termico parete contro terra di locale non riscaldato
Correzione accurata (CA)

Solaio piano

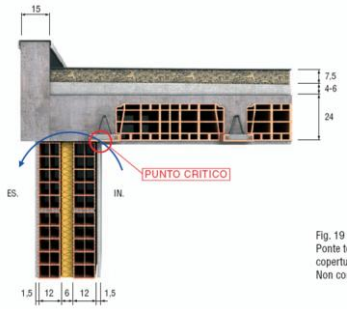


Fig. 19
Ponte termico del nodo copertura piana-parete
Non corretto

Copertura piana

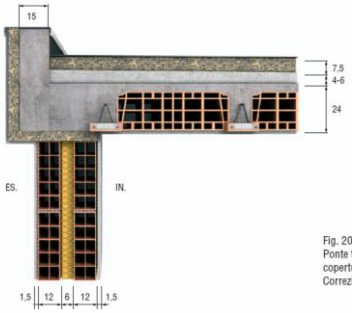
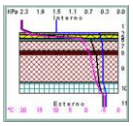


Fig. 20
Ponte termico del nodo copertura piana-parete
Correzione ordinaria (CO)

VESPAIO AERATO

Solaio in laterizio armato e pignatte "geosol"

Infine buoni risultati si possono ottenere con vespai aerati in cui al posto delle "pignatte" si utilizzino "vaschette" in HDPE riducendo notevolmente la formazione di condensa.
Spessore complessivo di vuoto tecnico cm 110;
U=0,34



Serramenti

Iperisolanti stratificati
G. Masera, Politecnico di Milano

Serramenti

1)Lastre di vetro float.

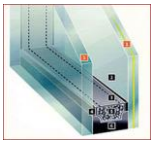
2)Intercapedine: lo spazio compreso tra i due vetri è riempito con aria secca, la quale costituisce un ottimo coibente. E' possibile diminuire ulteriormente la trasmittanza termica sostituendo l'aria con gas nobili come l'Argon e il Kripton (vetrocamera a bassa emissività).

3)Profilo in alluminio detto distanziatore o intercalare. La funzione è: mantenere una distanza uniforme tra le lastre di vetro, contenere al proprio interno il disidratante e costituire il supporto per il mastice butilico.

4)Sigillante butilico di prima barriera, inserito tra il profilo d'alluminio e le lastre.

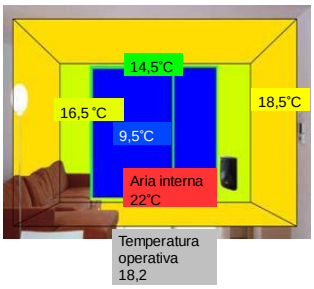
5)Disidratante: sali disidratanti del tipo a setaccio molecolare inseriti all'interno dell'intercalare. Ha due funzioni: La prima di assorbire selettivamente l'umidità ambientale contenuta nell'intercapedine al momento della sigillatura finale della vetrata isolante. La seconda di eliminare quella minima quantità di umidità che eventualmente potrebbe entrare attraverso il sigillante, all'interno della vetrata.

6)Sigillante di seconda barriera (polisolfuro, poliuretano, silicone) inserito lungo tutto il perimetro del vetrocamera.



Asimmetria delle temperature: Edificio ristrutturato senza le dovute attenzioni

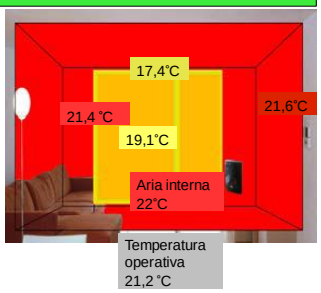
- In case non coibentate o coibentate male le superfici radianti fredde comportano una grande assimetria tra le temperature di riferimento.



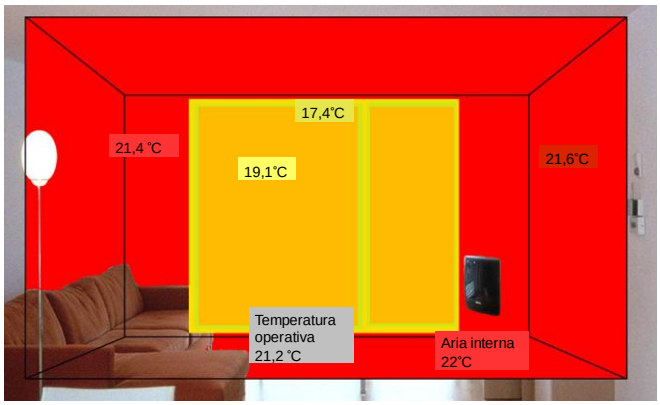
Fonte: Helmut Krapmeier

Asimmetria delle temperature: Edificio passivo

- In case non coibentate o coibentate male le superfici radianti fredde comportano una grande assimetria tra le temperature di riferimento.



Fonte: Helmut Krapmeier



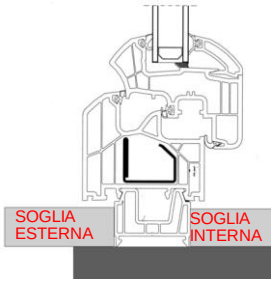
Parametri di valutazione

In relazione ai tre parametri per valutare il benessere

1. Asimmetria nelle temperature delle superfici radianti (<2,5°K)
2. La stratificazione della temperatura (<1,5°K)
3. La differenza di temperatura percettiblie (<3°K)

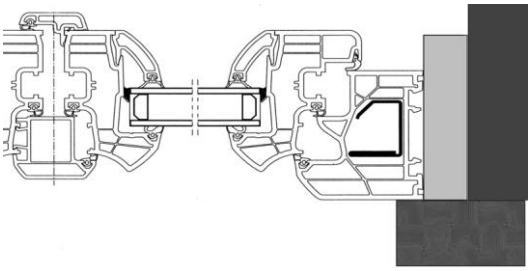
Esempi di serramento con telaio coibentato

Esempio di applicazione di un serramento



Serramenti

SEZIONE ORIZZONTALE



Il Calcolo della trasmittanza del serramento

$$U_w = \frac{U_g * A_{vetro\ (g)} + U_f * A_{telaio\ (f)} + \Psi * L_{distanziatori\ termici}}{A_{finestra}}$$

U_g -> g dall'inglese glass = vetro
U_f -> f dall'inglese frame = telaio
U_w -> w dall'inglese window = finestra

Ψ il coefficiente di trasmissione termica **lineare** oppure ponte termico **lineare**
Ψ **non** è una costante che dipende dal materiale bensì dalla posa in opera [W/mK]

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Il telaio

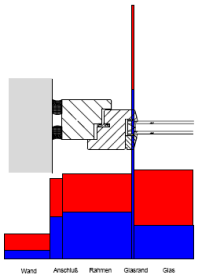
I criteri per valutare la qualità di un telaio:

Per poter comparare le qualità termiche dei differenti telai si parte da un vetrocamera standardizzato per tutti i telai con un Ug= 0,7 W/m²K.

.Partendo dal valore Ug= 0,7 W/m²K è necessario raggiungere una finestra con un valore Uw di meno di **0,8 W/m²K**.

.La qualità del telaio dipende dal valore Uf e dai valori Ψ.

.Dopo la posa in opera il valore Uw montato deve essere inferiore a **<0,85 W/m²K**

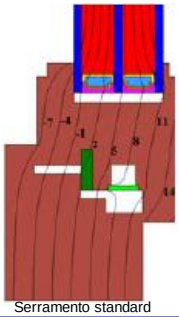


Parete | fissaggio | telaio | connessione tra lastre di vetro | vetro

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Le perdite del Telaio

.Ogni miglioramento di 0,1 W/m²K del valore Uf corrisponde ad un risparmio energetico per Germania, Austria ed Alto Adige di 2,5 Mrd. Kwh. 0,2 W/m²K corrisponderebbero ad un canale pieno di petrolio di 1x1m con una lunghezza di 6000 km.

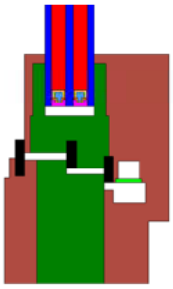


Serramento standard

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Il Top: telaio in legno isolato

***Uf* = 0,78 W/(m²K)**



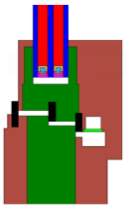
Fonle:Jürgen Schnieders

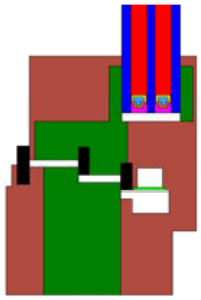
ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

1. Isolamento in asse

Uf = 0,78 W/(m²K)

***Uf* = 0,85 W/(m²K)**



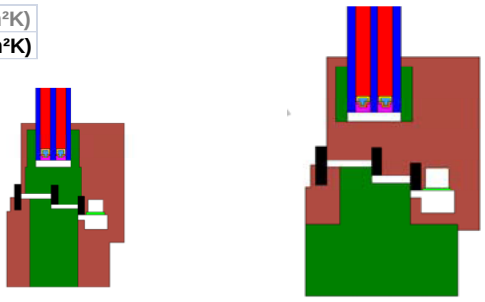


ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

2. Isolamento solo nel telaio fisso

Uf = 0,78 W/(m²K)

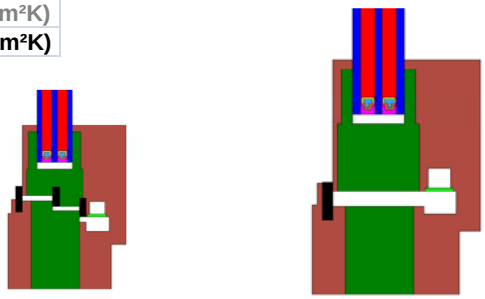
***Uf* = 0,87 W/(m²K)**



3. Telaio con una sola battuta

Uf = 0,78 W/(m²K)

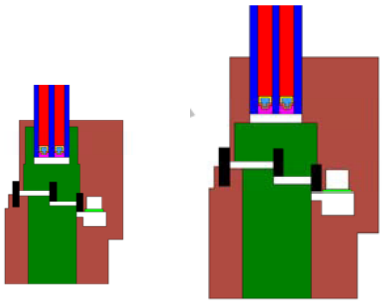
***Uf* = 0,88 W/(m²K)**



4. Isolare il bordo delle vetrate

Uf = 0,78 W/(m²K)

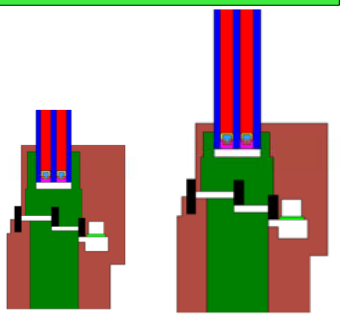
***Uf* = 0,82 W/(m²K)**



5. Profondità di inserimento

Uf = 0,78 W/(m²K)

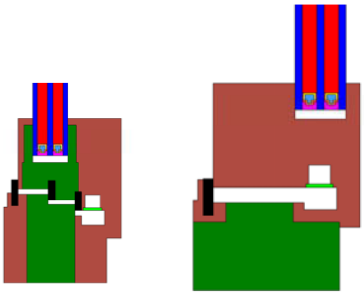
***Uf* = 0,80 W/(m²K)**



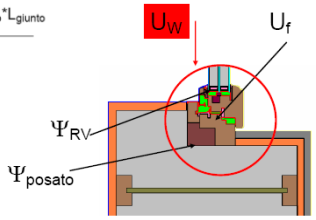
Tutti gli errori

Uf = 0,78 W/(m²K)

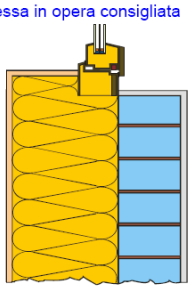
***Uf* = 1,15 W/(m²K)**



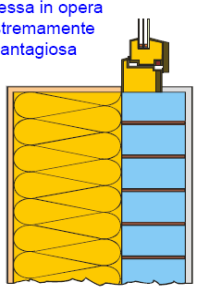
$$U_w = \frac{U_g * A_{vetro} + U_f * A_{telaio} + \Psi_{RV} * L_{RV} + \Psi_{posato} * L_{giunto}}{A_{finestra}}$$



Messa in opera consigliata



Messa in opera estremamente svantagiosa



Esempio di posa in opera

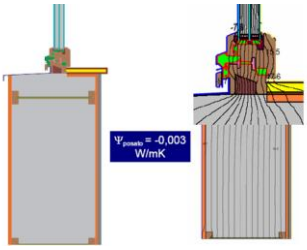
Telaio montato davanti al muro nell'isolamento

Fissaggio puntuale con degli angolari metallici

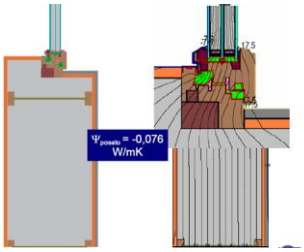
Nastro adesivo per completa tenuta all'aria

Legno squadrato come supporto statico

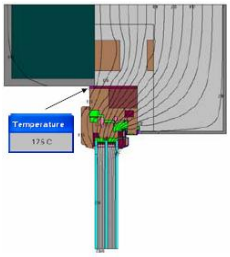
Edificio in Legno – Posizione della finestra



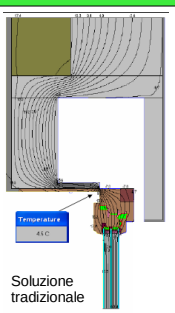
Edificio in legno – Protezione del telaio fisso della finestra



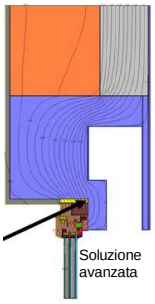
Il cassonetto delle persiane



Senza Cassonetto

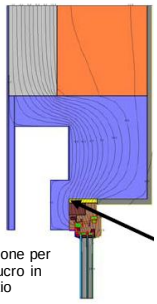


Soluzione tradizionale

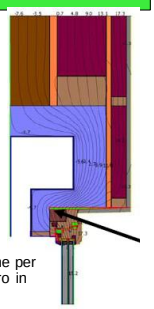


Soluzione avanzata

Soluzioni di cassonetto: confronto tra murature in laterizio e pareti in legno



Soluzione per l'involucro in laterizio



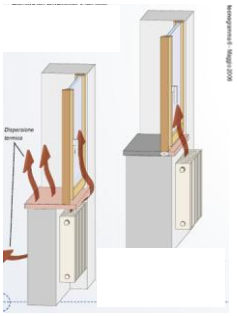
Soluzione per l'involucro in legno

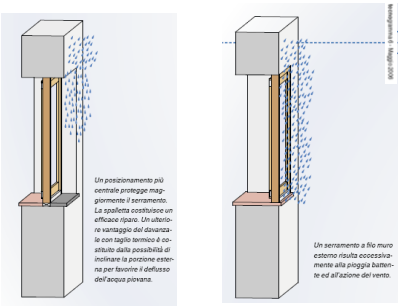
Infiltrazioni

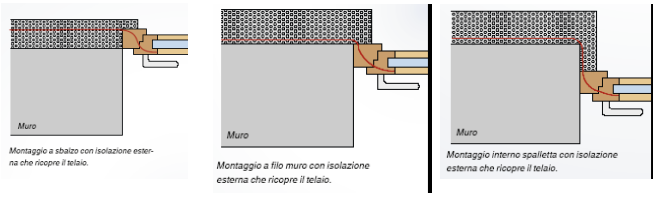
Difetti di una cattiva tenuta

Difetti di una cattiva tenuta

Difetti di una cattiva tenuta





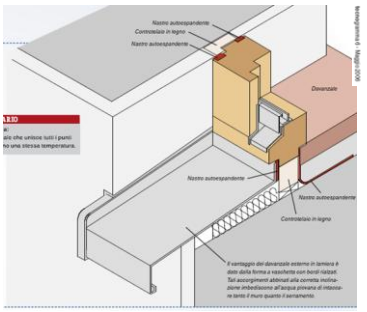


Montaggio a sbalzo con isolazione esterna che ricopre il telaio.

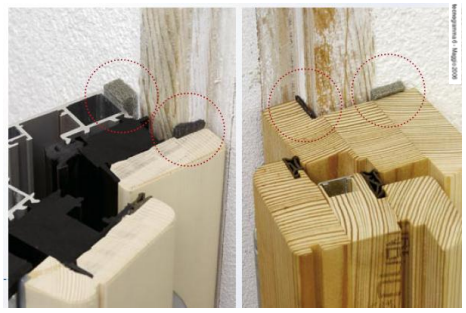
Montaggio a filo muro con isolazione esterna che ricopre il telaio.

Montaggio interno spalletta con isolazione esterna che ricopre il telaio.

Dettaglio del collegamento muro serramento

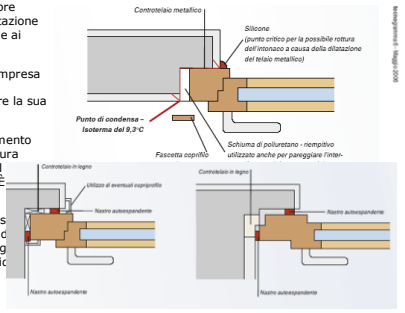


Esempi di realizzazioni

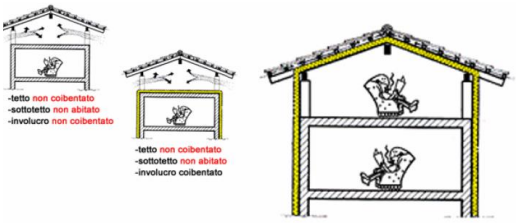


Controtelaio e Schiuma poliuretanica

- Tra opera muraria e serramento deve sempre rimanere una distanza che consenta la dilatazione lineare del serramento, variabile in relazione ai materiali di cui è composto.
- È buona norma prevedere una distanza compresa tra i 5 e gli 8mm, per evitare indesiderate deformazioni del serramento ed assecondare la sua naturale dilatazione
- La corretta distanza tra il muro ed il serramento deve essere calcolata in base alla temperatura ambiente e del substrato, nonché in base al materiale di cui è composto il serramento. È sempre opportuno
- valutare i margini di dilatazione tipici di ciascun materiale, in relazione alla temperatura media ciascuna zona geografica. Pertanto è sconsigliato effettuare la posa a temperature troppo rigide o troppo elevate.



Il Tetto



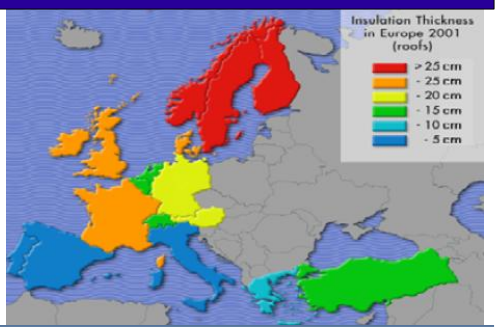
Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

Tetto disperdente

Dispersioni di una copertura

Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

Spessori di isolamento



Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

Costo / Resa

Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

Costo tetto con isol. termico tradizionale L10 (75m² x 150€/m²)	11.250 €
Consumo gasolio x riscald. in 25a (300l/a x 25a x 0,85€)	6.375 €
Differenza costo da 5cm a 10 cm (5cm x 75m² x 175€/m³)	-656 €
Risparmio sul consumo in 25a (~50%)	3.186 €
Guadagno in 25 anni	+2.530 €

Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

Il tetto una frontiera per tutte le stagioni

Coibentazione termica inverno / estate

Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

INVERNO

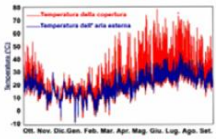
Protezione dal freddo

Valore "k" (W/m²K)

per zona Brescia ~ 9 cm

~ doppio spessore Legge10

ESTATE



Protezione dal caldo

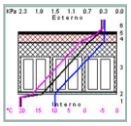
Sfasamento > 9 ore

(alta inerzia termica)

Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

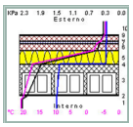
Coperture

I tetti a falda tradizionali sono ormai fuori dalla norma, presentano infatti un coefficiente U=1,8 assolutamente improponibile.



Si deve quindi pensare a tecnologie evolute che possano risolvere il problema dell'isolamento termico e della formazione di condensa.

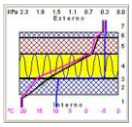
L'adeguamento alla norma richiede un notevole strato di materiale isolante e di una barriera al vapore.



U=0,33 spessore cm 45

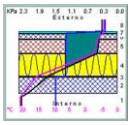
Coperture in Legno – isolante in lana di roccia possibile formazione di condensa

Copertura in legno con primo strato di legno lamellare da 6 a 14 cm, lana di roccia da 8 cm, camera d'aria da 5 a 7 cm, secondo strato di legno compensato da 1,9 a 2,4 cm copertura in laterizio.



Coefficiente U = 0,33 spessore compreso tra 21 e 31 cm

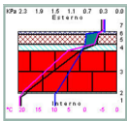
Copertura in legno con primo strato di legno lamellare da 6 a 14 cm, lana di roccia da 8 cm, camera d'aria da 5 a 7 cm, secondo strato di legno compensato da 1,9 a 2,4 cm con guaina bituminosa a due strati, il superiore granigliato. (Formazione di condensa nella zona aerata).



Coefficiente U = 0,33 spessore compreso tra 22 e 32 cm

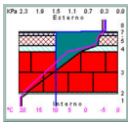
Coperture in cls cellulare

Il tetto realizzato in calcestruzzo cellulare, coniuga le buone caratteristiche strutturali e di coibenza termica con la notevole velocità di posa in opera; il manto di copertura deve essere in laterizio senza alcuna barriera vapore, in questo modo la condensa si forma nello strato coibente traspirante e viene smaltita dall'effetto camino della camera d'aria.



Coefficiente U=0,32 spessore complessivo 38 cm

Se il manto di copertura viene realizzato in guaina bituminosa, la condensa va ad interessare la struttura in cls, soluzione quindi poco opportuna.



Coefficiente U=0,32 spessore complessivo 39 cm

Provvedimenti contro il surriscaldamento estivo

4 accorgimenti per prevenire al surriscaldamento

1- Superfici trasparenti: il meno possibile oppure prevedere schermature

2- Inerzia termica dell involucro: Sfasamento min. 9 ore

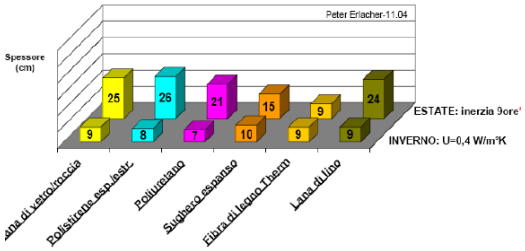
3- Raffrescamento naturale : efficace ventilazione notturna

4- Accumulo termico dei rivestimenti interni: materiali ad alta densità (cotto,mezzane,...)

Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno
ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Confronto di spessori necessari in estate e in inverno a parità di prestazione

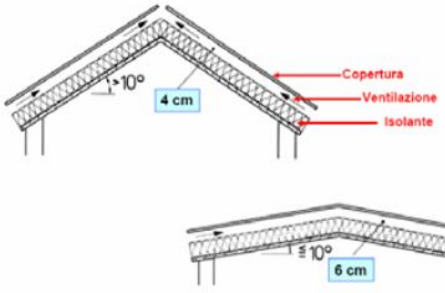


Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno

*) pacchetto isolamento con perline 20mm

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Dimensionamento dell'intercapedine di ventilazione



Il tetto in legno a regola d'arte
Peter Erlacher - Naturno
ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Flussi di calore e vapore nel tetto

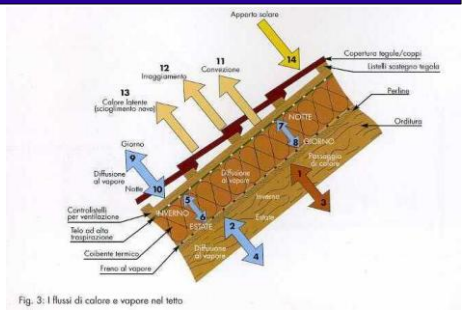


Fig. 3: I flussi di calore e vapore nel tetto

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Differenza tra le vie di passaggio del vapore

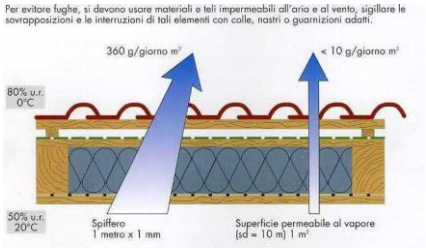
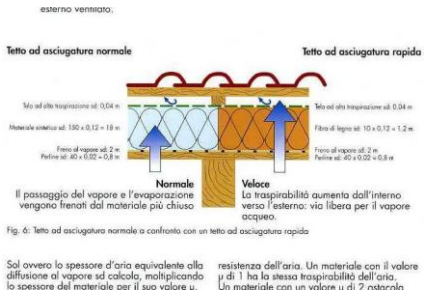


Fig. 4: Differenza tra le vie di passaggio del vapore: fughe e vapore diffuso attraverso una superficie permeabile

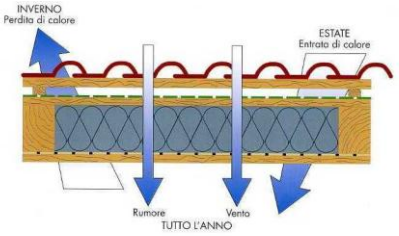
Tratto da La Fisica Tec
Autore G. Gantioler

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Differenza tra le vie di passaggio del vapore

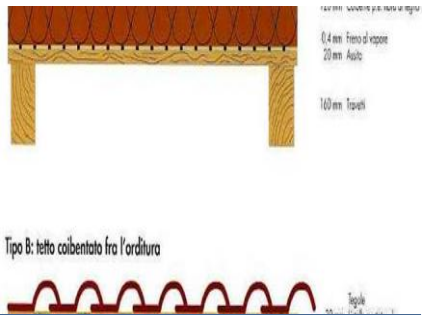


Scambio di vapore, rumore e vento



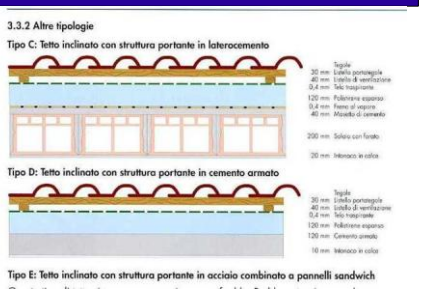
Se si ha un passaggio libero di aria, per esempio una fessura, si producono i seguenti inconvenienti:

Possibili soluzioni: tetto in legno

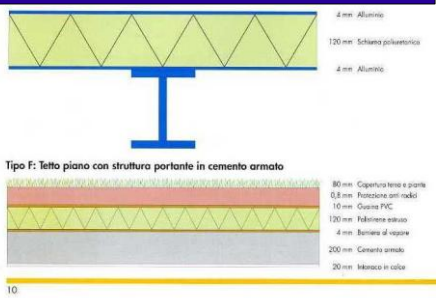


Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

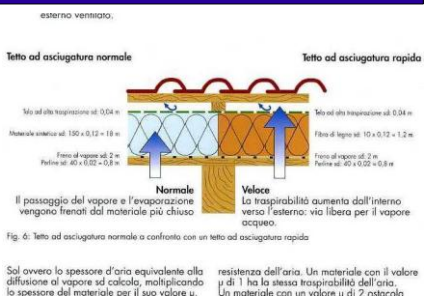
Possibili soluzioni: tetto in latero-cemento e in cemento armato



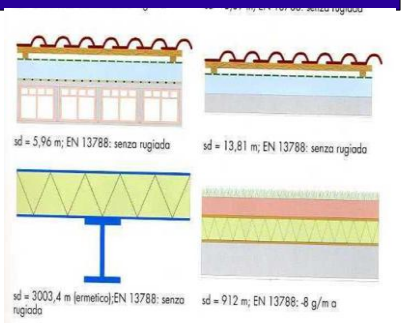
Possibili soluzioni: tetto in acciaio e in cls



Tempi di asciugatura a parità di spessore di isolante (12 cm)



Confronto dei tetti e formazione di condensa



Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Comportamento delle fessure

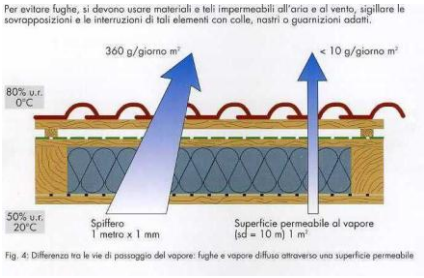


Fig. 4: Differenza tra le vie di passaggio del vapore: fughe e vapore diffuso attraverso una superficie permeabile

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

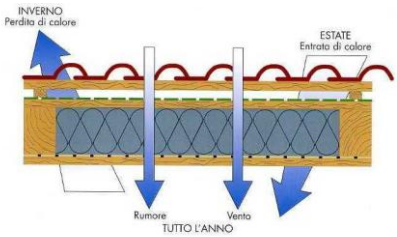
Permeabilità all'aria sopra le finestre

Fig. 7: Immagine termografica „naturale": la neve sciolta per la permeabilità all'aria sopra le finestre del tetto ha creato l'immagine termografica

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Convenzione del vapore

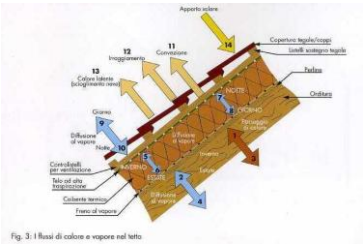
Se gli elementi costitutivi il sottotetto non garantiscono la tenuta ermetica, la differenza di pressione tra l'ambiente interno ed esterno l'abitazione causa una fuoriuscita d'aria. Ciò si può verificare, ad esempio, in presenza di aperture nelle giunzioni di barriere all'aria e al vapore, oppure attraverso i raccordi perimetrali a livello dei muri o degli elementi strutturali del tetto.



Se si ha un passaggio libero di aria, per esempio una fessura, si producono i seguenti inconvenienti:

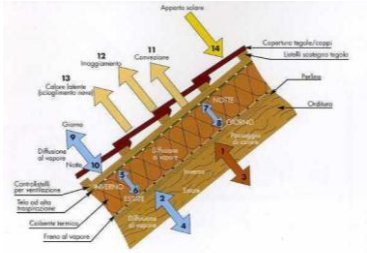
Convenzione del vapore

L'aria calda che dall'interno si disperde attraverso il tetto si raffredda e l'umidità in essa contenuta, condensandosi, ristagna e danneggia l'isolamento del tetto stesso. Inoltre rilevazioni effettuate su coperture tradizionali hanno spesso evidenziato caratteristiche di scarsa ermeticità che, rapportate alla lunghezza complessiva delle giunzioni, possono risultare anche pari al triplo della permeabilità calcolata per le finestre. Se si considera che la lunghezza totale dei giunti dei tetti è nettamente superiore a quella complessiva delle finestre, risulta evidente l'importanza di rendere ermetico un tetto ai fini del confort abitativo e del risparmio energetico. Infatti l'aria calda interna viene dispersa e sostituita da quella fredda proveniente dall'esterno, che oltre a provocare spiacevoli correnti e spifferi, deve essere nuovamente riscaldata. La conseguenza? Uno spreco di energia



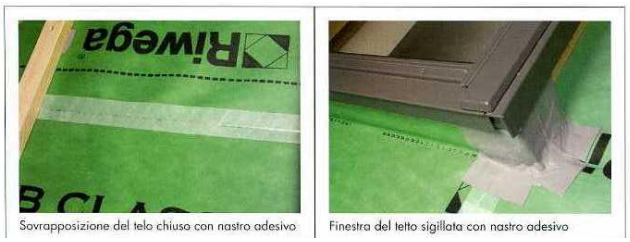
No alla condensa in tetti ventilati

Il vapore acqueo che si forma nel tetto ventilato deve essere evacuato attraverso la camera di ventilazione. Un'esperienza di calcolo, ha evidenziato la formazione di un quantitativo di condensa pari a 3,2 g/h al di sopra dello strato isolante, nel caso di una copertura formata da travetti inclinati di 10 metri di lunghezza per metro di larghezza del colmo, supponendo una velocità media del flusso d'aria di 0,1 m/s ed un'umidità relativa dell'aria esterna pari all' 80 %. In base a questi dati si è potuto calcolare la capacità di smaltimento del vapore dalla camera di ventilazione. Utilizzando un'isolante termico conforme alle norme tecniche di legge, una zona di aerazione di 2 cm di spessore è già sufficiente per lo smaltimento del vapore acqueo prodotto. Un'ulteriore sicurezza della non formazione di condensa è fornita dalla posa di una barriera al vapore sotto l'isolante stesso



flussi di calore e vapore nel tetto

Dettagli di sigillature



Sovrapposizione del telo chiuso con nastro adesivo

Finestra del tetto sigillata con nastro adesivo

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Dettagli di sigillature

GIUSTO: Condotte di ventilazione sigillate con nastro adesivo

GIUSTO: Travi protetti con tubi EPDM per la tenuta all'aria sul muro chiuso con rasatura

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Sigillature dell'involucro

SBAGLIATO: Tubo non collegato ermeticamente al freno al vapore

SBAGLIATO: Freno al vapore PE tradizionale danneggiato a causa dell'installazione errata dei cavi dell'antenna

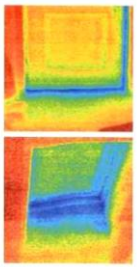
Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Blower door test

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Termoanemometro

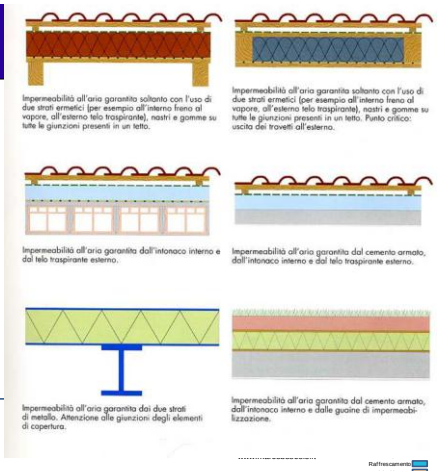
Analisi delle perdite d'aria con termoanemometro



Perdite d'aria in porte e finestre analizzate con la termocamera.

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Sistemi di tenuta nei differenti pacchetti



Impermeabilità all'aria garantita soltanto con l'uso di due strati ermetici (per esempio all'interno freno al vapore, all'esterno telo traspirante), nastri e gomme su tutte le giunzioni presenti in un tetto.

Impermeabilità all'aria garantita soltanto con l'uso di due strati ermetici (per esempio all'interno freno al vapore, all'esterno telo traspirante), nastri e gomme su tutte le giunzioni presenti in un tetto. Punto critico: uscita dei travetti all'esterno.

Impermeabilità all'aria garantita dall'intonaco interno e dal telo traspirante esterno.

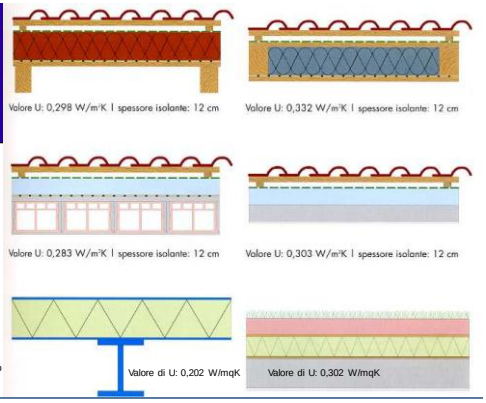
Impermeabilità all'aria garantita dal cemento armato, dall'intonaco interno e dal telo traspirante esterno.

Impermeabilità all'aria garantita dai due strati di metallo. Attenzione alle giunzioni degli elementi di copertura.

Impermeabilità all'aria garantita dal cemento armato, dall'intonaco interno e dalle guaine di impermeabilizzazione.

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Trasmissibilità a parità di spessore di isolante

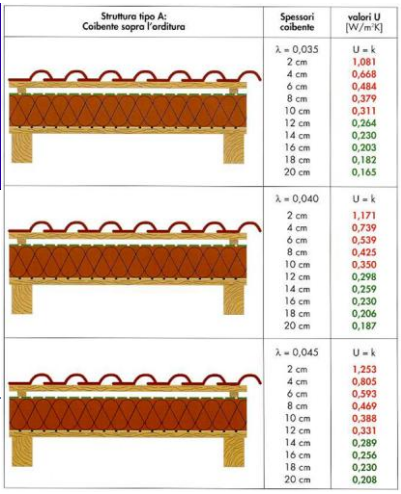


Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it

Valori di U al variare del tipo di isolante e lo spessore

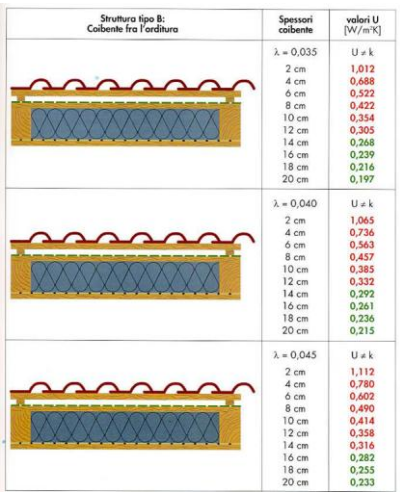


Struttura tipo A: Coibente sopra l'orditura	Spessori coibente	valori U [W/m²K]
	λ = 0,035	U = k
	2 cm	1,081
	4 cm	0,668
	6 cm	0,484
	8 cm	0,379
	10 cm	0,311
	12 cm	0,264
	14 cm	0,230
	16 cm	0,203
	18 cm	0,182
	20 cm	0,165
	λ = 0,040	U = k
	2 cm	1,171
	4 cm	0,739
	6 cm	0,539
	8 cm	0,425
	10 cm	0,350
	12 cm	0,298
	14 cm	0,259
	16 cm	0,230
	18 cm	0,206
	20 cm	0,187
	λ = 0,045	U = k
	2 cm	1,253
	4 cm	0,805
	6 cm	0,593
	8 cm	0,469
	10 cm	0,388
	12 cm	0,331
	14 cm	0,289
	16 cm	0,256
	18 cm	0,230
	20 cm	0,208

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Valori di U al variare del tipo di isolante e dello spessore

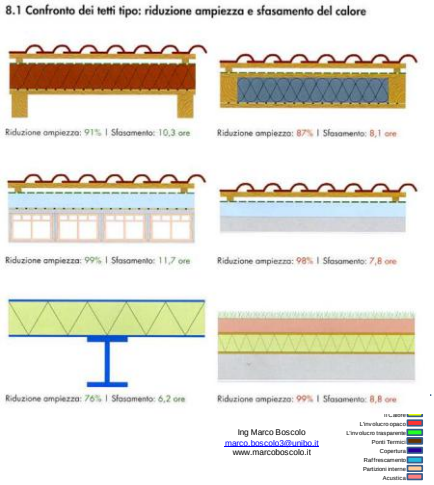


Struttura tipo B: Coibente fra l'orditura	Spessori coibente	valori U [W/m²K]
	λ = 0,035	U = k
	2 cm	1,012
	4 cm	0,688
	6 cm	0,522
	8 cm	0,422
	10 cm	0,354
	12 cm	0,305
	14 cm	0,268
	16 cm	0,239
	18 cm	0,216
	20 cm	0,197
	λ = 0,040	U = k
	2 cm	1,065
	4 cm	0,736
	6 cm	0,563
	8 cm	0,457
	10 cm	0,385
	12 cm	0,332
	14 cm	0,292
	16 cm	0,261
	18 cm	0,236
	20 cm	0,215
	λ = 0,045	U = k
	2 cm	1,112
	4 cm	0,780
	6 cm	0,602
	8 cm	0,490
	10 cm	0,414
	12 cm	0,358
	14 cm	0,316
	16 cm	0,282
	18 cm	0,255
	20 cm	0,233

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Sfasamenti e riduzione di ampiezza dell'onda termica

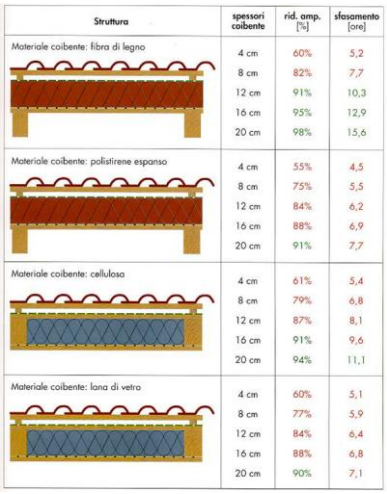


Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it

Sfasamento e riduzione di ampiezza al variare dell'isolante e dello spessore

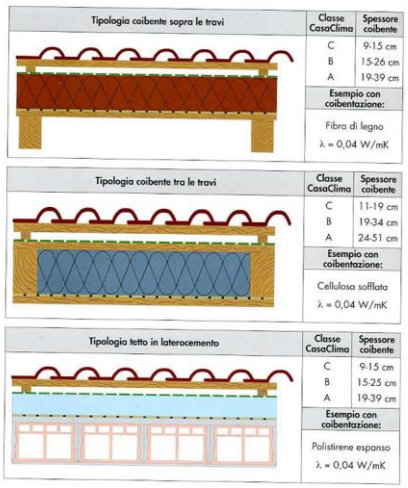


Struttura	spessori coibente	rid. amp. [%]	sfasamento [ore]
Materiale coibente: fibra di legno	4 cm	60%	5,2
	8 cm	82%	7,7
	12 cm	91%	10,3
	16 cm	95%	12,9
	20 cm	98%	15,6
Materiale coibente: polistirene espanso	4 cm	55%	4,5
	8 cm	75%	5,5
	12 cm	84%	6,2
	16 cm	88%	6,9
	20 cm	91%	7,7
Materiale coibente: cellulosa	4 cm	61%	5,4
	8 cm	79%	6,8
	12 cm	87%	8,1
	16 cm	91%	9,6
	20 cm	94%	11,1
Materiale coibente: lana di vetro	4 cm	60%	5,1
	8 cm	77%	5,9
	12 cm	84%	6,4
	16 cm	88%	6,8
	20 cm	90%	7,1

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Spessori minimi a seconda delle classi casaclima



Tipologia coibente sopra le travi	Classe CasaClima	Spessore coibente
	C	9-15 cm
	B	15-26 cm
	A	19-39 cm
	Esempio con coibentazione:	
	Fibra di legno λ = 0,04 W/mK	

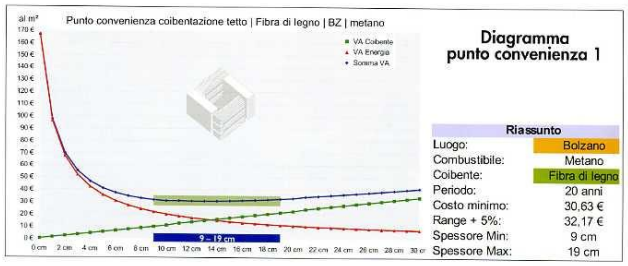
Tipologia coibente tra le travi	Classe CasaClima	Spessore coibente
	C	11-19 cm
	B	19-34 cm
	A	24-51 cm
	Esempio con coibentazione:	
	Cellulosa soffiata λ = 0,04 W/mK	

Tipologia tetto in laterocemento	Classe CasaClima	Spessore coibente
	C	9-15 cm
	B	15-25 cm
	A	19-39 cm
	Esempio con coibentazione:	
	Polistirene espanso λ = 0,04 W/mK	

Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

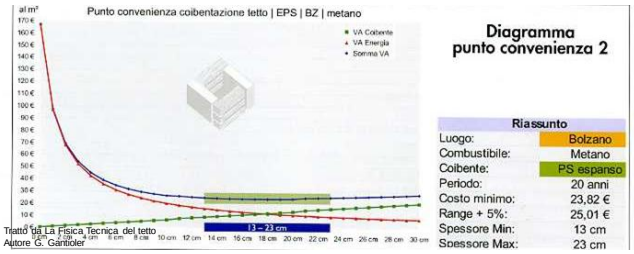
ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Punto di convenienza a Bolzano per un isolante in fibra di legno



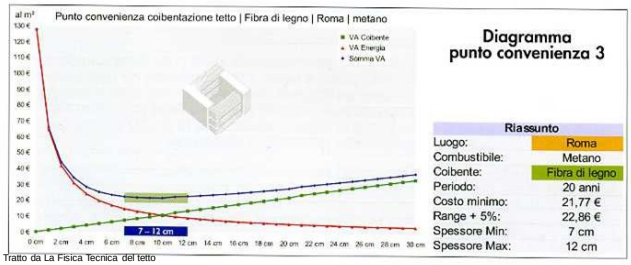
Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Punto di convenienza a Bolzano con isolante in polistirene espanso estruso



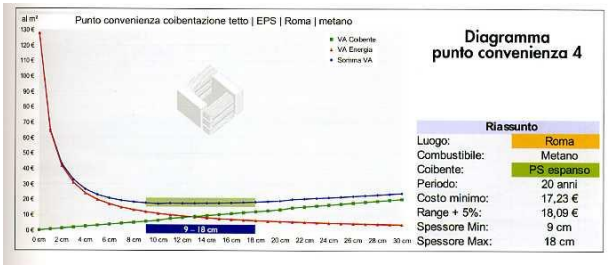
Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Punto di convenienza a Roma con isolante in fibra di legno

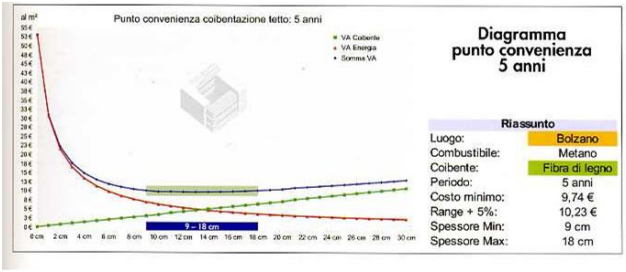


Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler

Punto di convenienza a Roma con isolante in polistirene espanso estruso

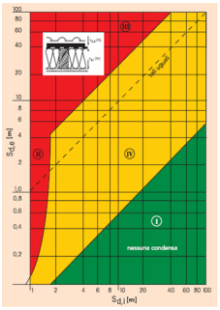


Tratto da La Fisica Tecnica del tetto
Autore G. Gantioler



No alla condensa in tetti non ventilati

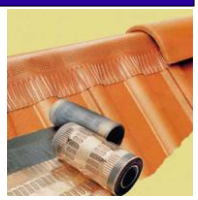
Se si elimina la camera di ventilazione, è necessario ridurre l'intensità del flusso di vapore proveniente dall'interno dell'abitazione. Ciò può essere fatto tramite la posa di uno strato che funge da barriera vapore applicato opportunamente sotto l'isolamento. In abbinamento si dovrà applicare un telo sottotetto sufficientemente traspirante, questa volta applicato al di sopra dell'isolamento stesso. Il sistema di calcolo previsto dalla Norma DIN 4108 consente di individuare, tramite il diagramma riportato a fianco, la possibile formazione di condensa relativamente ai tetti inclinati non ventilati. Se, con la scelta di teli effettuata, ci si trova nel campo verde "I" si ha la certezza di non avere formazione di condensa. Nel campo giallo "II" la condensa accumulatasi durante i mesi invernali riesce ad evaporare. Tuttavia, nel campo rosso "III" si ha sicuramente formazione di condensa e l'evaporazione non è sufficiente a mantenere asciutto l'isolamento. Applicando una barriera al vapore caratterizzata da un valore Sd di circa 2 metri in abbinamento ad un telo sottotetto traspirante con Sd pari a circa 0,02 metri, la struttura è protetta dai fenomeni di condensa anche in assenza di camera di ventilazione.



Copertura – Dettaglio del Colmo

1. fissare il portalistello con viti o chiodi
2. fissare il listello di colmo nel portalistello
3. srotolare il rotolo e fissarlo al listello di colmo con chiodi o graffette
4. togliere il nastro protettivo dalla parte adesiva e far aderire le parti laterali ondulate al profilo delle tegole
5. fissare con ganci fermacolmo le tegole di colmo

Portalistello

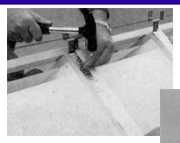


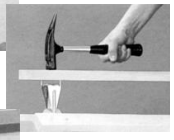
Dettaglio del colmo

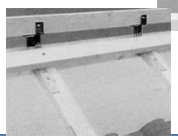
Fermacolmo

Copertura

1. fissare il portalistello con viti o chiodi
2. fissare il listello di colmo nel portalistello

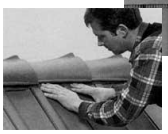






Copertura

1. fissare il portalistello con viti o chiodi
2. fissare il listello di colmo nel portalistello
3. srotolare il rotolo e fissarlo al listello di colmo con chiodi o graffette
4. togliere il nastro protettivo dalla parte adesiva e far aderire le parti laterali ondulate al profilo delle tegole
5. fissare con ganci fermacolmo le tegole di colmo



Il Raffrescamento

.RIDUZIONE DEL SURRISCALDAMENTO DI UNO SPAZIO ATTRAVERSO CONTROLLO TERMICO E TECNICHE DI RAFFRESCAMENTO NATURALE

Il raffrescamento estivo

.ELIMINARE, CON USO DI RISORSE CLIMATICHE, CONDIZIONI DI SURRISCALDAMENTO GENERATE DA:
-radiazione solare
-scambio convettivo tra aria calda (infiltrazione e/o ventilazione) e superfici
-guadagni interni da persone e apparecchiature
.Controllo Termico
-Riduzione del calore in eccesso, prima dell'accumulo
.Raffrescamento naturale
-Dissipazione del calore accumulato in eccesso verso pozzi termici naturali
RAFFRESCAMENTO

Tecniche di raffrescamento passivo

.CONTROLLO TERMICO

-Solare

-Convettivo

-Degli apporti interni

.TECNICHE DI RAFFRESCAMENTO PASSIVO
RAFFRESCAMENTO NATURALE

-ventilativo

-Geotermico

-Evaporativo

-radiativo

Tecniche di controllo termico

.CONTROLLO SOLARE

-Ombreggiamento del sito

-Superfici a bassa emissività

-Isolamento e inerzia termica

-Schermi alle finestre

.CONTROLLO CONVETTIVO

-utilizzo inerzia termica

-riduzione delle infiltrazioni d'aria calda

.CONTROLLOGUADAGNI INTERNI

-utilizzo d'apparecchiature elettriche ad alta efficienza

Tecniche di raffrescamento naturale

.GEOTERMICO

-diretto(*edifici ipogei)*

-indiretto(*condotti interrati*)

.VENTILATIVO

-Corporeo

-Ambientale

-strutturale

.EVAPORATIVO

-Diretto

-Indiretto

-ibrido

.RADIATIVO

-Diretto

-indiretto

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Controllo solare – Ombreggiamento del sito

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Uso del Colore e della massa

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Schermature

Tende orizzontali

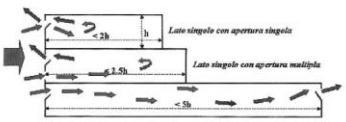
Doghe orizzontali in legno

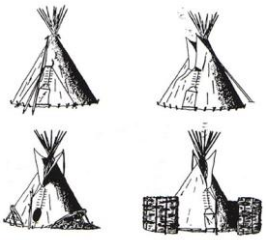
Veneziane in acciaio

Sporto inclinato

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

Ventilazione naturale

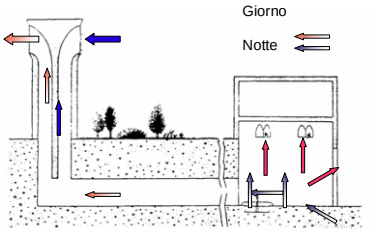




ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Ing Marco Boscolo
marco.boscolo3@unibo.it
www.marcoboscolo.it
Introduzione
Il Calore
L'involucro opaco
L'involucro trasparente
Ponti Termici
Copertura
Raffrescamento
Partizioni interne
Acustica
Cesena11/10/2010

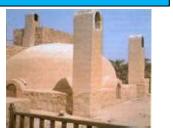
Le torri del vento

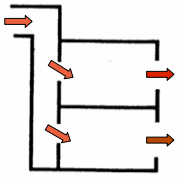
.Nella *torre del vento*, l'elemento di captazione dell'aria (torre) è, generalmente, separato dai locali da raffrescare e collegato a questi ultimi da un canale sotterraneo, che raffredda ulteriormente l'aria. L'espulsione dell'aria calda avviene attraverso le finestre. Il flusso d'aria s'inverte di notte, per effetto del rilascio di calore (assorbito durante il giorno) da parte dell'involucro della torre, che riscalda l'aria. Questa tende, così, a salire, richiamando aria più fredda dal canale sotterraneo e, a sua volta, dai locali abitati, attraverso le finestre lasciate aperte



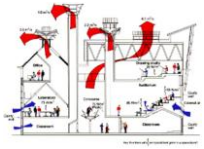
Ventilazione naturale

.Passante verticale da vento





Sistemi di raffrescamento ventilativo

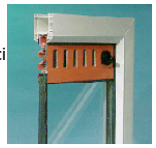


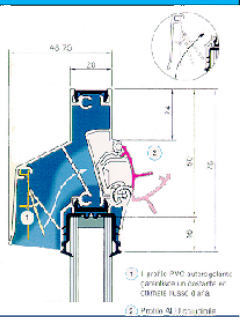
Sistemi di controllo della ventilazione naturale

Attuatori di apertura delle finestre

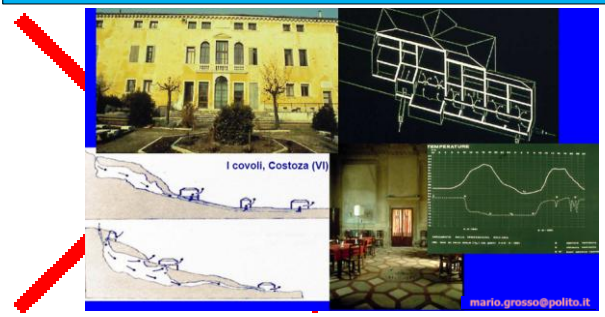
Griglia di ventilazione

Controlli di flusso omeostatici





Raffrescamento ventilativo



Solai di interpiano e controterra

Riempimento in ghiaietto frantumato

Strutture opache orizzontali – spessori minimi riempimento

3200 mm !!!

Tipo di struttura: A - Solaio in laterocemento e ghiaietto **Codice struttura:** P1

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [Kg/m³]	[10^-12 δa kg/msPa]	[10^-12 δu kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Pannello SIALITE IDROPAN	18	0,139	7,722	680	40,000	40,000	0,129
2	Materassino in polipropilene+polietilene SECURITY	2	0,116	58,000	83	0,020	0,020	0,017
3	Pannello FIBER TECH	3	0,139	46,333	800	1,869	3,922	0,022
4	Ghiaietto	3400	1,400	0,412	1800	40,000	40,000	2,429
5	C.l.s. di sabbia e ghiaia pareti interne (um. 2-5%	40	1,910	47,750	2400	2,000	3,333	0,021
6	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200	0,660	3,300	1100	28,571	28,571	0,303
7	Intonaco civile	15	0,700	46,667	1400	18,182	18,182	0,021
8								
9								
10								
11								
12								

Spessore totale (mm) 3678

Massa superficiale (kg/m²) 6472

Conduttanza unitaria superficiale interna 5,882

Conduttanza unitaria superficiale esterna 18,792

TRASMITTANZA TOTALE (W/m²K) 0,316

Resistenza unitaria superficiale interna 0,170

Resistenza unitaria superficiale esterna 0,053

RESISTENZA TERMICA TOTALE (m²K/W) 3,166

Materiali per la coibentazione

Materiali per la coibentazione

Massetto sabbia e cemento $\lambda = 0{,}900$ **W/mK**

Massetto alleggerito e cemento $\lambda = 0{,}139$ **W/mK**

18 mm di SIALITE garantiscono una trasmittanza termica equivalente a 12 cm di massetto sabbia e cemento

Riempimenti

LECAPIU'

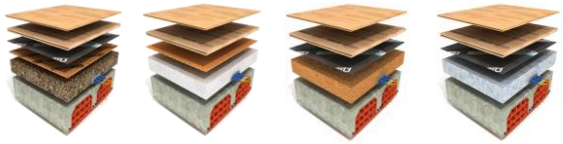
SUGHERO

PERLITE

POLISTIRENE ESPANSO

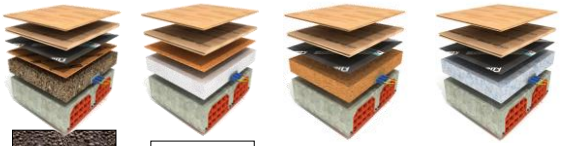
Prestazioni raggiunte con 8 centimetri di riempimento

LECA	PERLITE	SUGHERO	POLISTIROLO



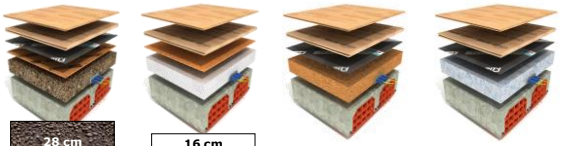
LECA	PERLITE	SUGHERO	POLISTIROLO
0,724 w/M²K	0,523 w/M²K	0,476 w/M²K	0,552 w/M²K
397 Kg/m²	374 Kg/m²	361 Kg/m²	369 Kg/m²
31,04 €/m²	36,66 €/m²	44,37 €/m²	23,82 €/m²

Zona F – obiettivi 2006 solaio controterra



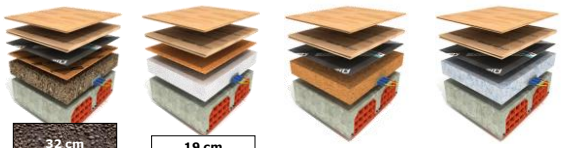
LECA	PERLITE	SUGHERO	POLISTIROLO
23 cm	13 cm	11 cm	13 cm
0,399 w/M²K	0,399 w/M²K	0,388 w/M²K	0,408 w/M²K
483 Kg/m²	389 Kg/m²	365 Kg/m²	382 Kg/m²
42,29 €/m²	48,71 €/m²	54,48 €/m²	27,82 €/m²

Zona F – obiettivi 2008 solaio controterra



LECA	PERLITE	SUGHERO	POLISTIROLO
28 cm	16 cm	13 cm	16 cm
0,346 w/M²K	0,347 w/M²K	0,343 w/M²K	0,351 w/M²K
511 Kg/m²	398 Kg/m²	368 Kg/m²	389 Kg/m²
46,04 €/m²	55,94 €/m²	61,22 €/m²	30,22 €/m²

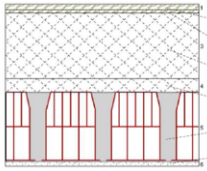
Zona F – obiettivi 2010 solaio controterra



LECA	PERLITE	SUGHERO	POLISTIROLO
32 cm	19 cm	15 cm	19 cm
0,313 w/M²K	0,307 w/M²K	0,307 w/M²K	0,308 w/M²K
534 Kg/m²	406 Kg/m²	370 Kg/m²	397 Kg/m²
49,04 €/m²	63,17 €/m²	67,96 €/m²	32,62 €/m²

Solaio con riempimento in perlite

		2006	2008	2010
SPESSORE RIEMPIMENTO	(*) 80 mm	(*) 130 mm	(*) 160 mm	(*) 190 mm
TRASMITTANZA TOTALE (W/m²K)	0,523	0,399	0,347	0,307
MASSA SUPERFICIALE (Kg/m²)	374	389	398	406



MATERIALI	CONDUTTIVITA'	SPESSORE
SIALITE	λ (W/mk) 0,139	18 mm
PANNELLO IN FIBRA DI LEGNO	λ (W/mk) 0,043	8 mm
GRANULATO MINERALE NATURALE	λ (W/mk) 0,080	*
C.S.i. SABBIA E GHIAIA	λ (W/mk) 0,190	40 mm
SOLETTA IN LATERIZIO	λ (W/mk) 0,660	200 mm
INTONACO CIVILE	λ (W/mk) 0,700	15 mm

Solaio con riempimento in sughero

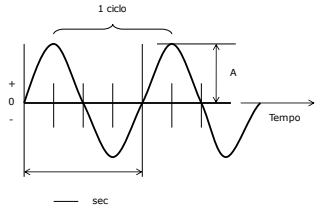
Impossibile trovare nel file la parte immagine con ID relazione rId3.

Solaio con massetto in polistirolo

Impossibile trovare nel file la parte immagine con ID relazione rId3.

Cos'è il rumore?

Il rumore è quella sensazione che l'orecchio trasmette al cervello e che è provocata da variazioni di pressione dell'aria sul timpano. Il rumore è la somma di più suoni "puri"
(es. A+B=C). Ogni rumore è caratterizzato da una frequenza e da un'ampiezza.
Maggiore è l'ampiezza e maggiore risulta l'intensità del rumore percepito.
La frequenza invece dà luogo a rumori gravi o acuti. Questi ultimi sono più disturbanti.



Come si misura

Poiché il rumore non ha la stessa intensità alla diverse frequenze, si utilizza uno strumento "fonometro analizzatore" capace di filtrarle e riconoscerle. In tal modo si può studiare il rumore, analizzandone le componenti. Per semplicità si usa esprimere il rumore con un solo numero "pesato" sulle diverse frequenze: esso esprime la sensazione di disturbo provocata sull'uomo e e si esprime in decibel.

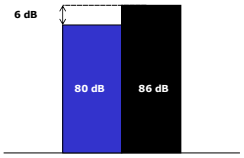
Cos'è il decibel – dB

È il logaritmo del rapporto tra la pressione sonora ed una pressione di riferimento, moltiplicata per 10. Si usa per semplificare il problema (anche se potrebbe sembrare il contrario). Infatti la scala delle pressioni sonore è molto ampia e non sarebbe facilmente rappresentabile. Inoltre l'orecchio umano è sensibile alla pressione, ma non in modo lineare. Una pressione doppia non corrisponde a una sensazione doppia.

$$dB = 10 \log \frac{P}{Pa}$$

I decibel

40 dB non è la metà di 80 dB invece 86 dB è il doppio di 80 dB
(6 soli dB dimezzano la sensazione di disturbo)



Rumore dimezzato

Tipi di rumore

Che tipi di rumore

Nelle nostre case siamo sottoposti a diversi tipi di disturbo:

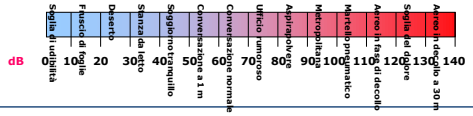
- Rumori aerei, provenienti dall'esterno o dai vicini
- Rumori impattivi, provenienti dal calpestio dei vicini, dei giochi, ecc.
- Rumori di impianti di riscaldamento, sanitari, ecc.

Come si trasmette il rumore

Il suono si propaga nell'aria, ma anche nei diversi materiali, con velocità diversa.

Materiale	Velocità del suono (m/s)
	344
Piombo	1220
Acqua	1410
Mattoni	3000
Legno	3400
Vetro	4100
Acciaio	5200

Livelli di rumore



DCPM n. 447 5/12/97

Stabilisce i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne ed i requisiti acustici passivi degli edifici. Lo scopo è il contenimento dell'inquinamento da rumore all'interno degli ambienti abitativi, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore. Questo si concretizza:

> Nell'assegnare dei minimi di prestazione acustica, riguardo la propagazione del rumore, ai componenti degli edifici quali pareti divisorie, solai, pareti perimetrali, coperture, ecc. Questi minimi devono essere verificati in opera.

Nel tener sotto controllo l'origine di nuovo rumore proveniente dagli impianti interni di ogni edificio

Grandezze di riferimento e definizioni principali

R'w – indice di valutazione del potere fonoisolante apparente per divisori interni orizzontali e verticali.

D2m,nT,w – indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata, per l'involucro esterno dell'edificio.

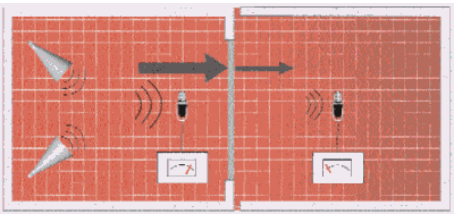
L'n,w – indice di valutazione del livello di rumore di calpestio, per i solai.

LASmax – livello massimo di pressone sonora, ponderato A - costante di tempo "slow", per gli impianti a funzionamento discontinuo.

LAeq – livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato A, per gli impianti a funzionamento continuo.

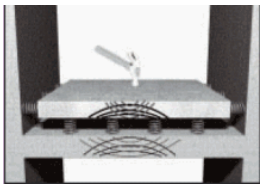
Valutazione del potere fonoisolante di divisori interni orizzontali e verticali

R'w – indice di valutazione del potere fonoisolante apparente per divisori interni orizzontali e verticali.



Rumori da Calpestio

L'n,w – indice di valutazione del livello di rumore di calpestio, per i solai.



Rumori da Calpestio

Il solaio, sottoposto a sollecitazione, in corrispondenza della sua frequenza naturale, genererà una grande trasmissione.

L'energia trasmessa, rispetto a quella incidente, raggiungerà il suo massimo in corrispondenza della frequenza naturale del solaio (il newton rilevato da una parte lo ritroveremo esattamente uguale dall'altra), ma al di sopra di questa soglia la quantità di energia trasmessa risulterà sempre più piccola.

Inquadramento legislativo e normativo

Nella tabella n. 1 sono indicati i valori di $L'_{n,w}$ livello di rumore di calpestio per i solai e di R'_w del potere fonoisolante apparente per divisori interni orizzontali e verticali.

Categorie	$L'_{n,w}$	R'_w
1. A – C	**63**	**50**
2. D	58	55
3. E	58	50
4. B – F – G	55	50

Tabella n. 1 – Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti

Inquadramento legislativo e normativo

Nella tabella n. 2 sottostante sono indicate le classificazioni degli ambienti abitativi

Categoria A	**edifici adibiti a residenza o assimilabili**
Categoria B	edifici adibiti ad uffici e assimilabili
Categoria C	**edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili**
Categoria D	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
Categoria E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Categoria F	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
Categoria G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Tabella n. 2 – Classificazione degli ambienti abitativi

Rumore da Calpestio

A questo punto, nella necessità di esaminare il fenomeno per ridurre le sollecitazioni meccaniche che insistono sulla struttura, si rende opportuno realizzare un pavimento galleggiante, usufruendo di un sistema che è ancora riconducibile al sistema massa molla massa.

Posa tubazioni sul solaio portante

.Sul solaio portante devono essere posate le tubazioni degli impianti idraulici, termici ed elettrici, adeguatamente protette con malta cementizia.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm

Sottofondo di compensazione e intonaco

.Le tubazioni vanno collocate direttamente sul solaio grezzo e completamente coperte dal sottofondo di compensazione in cemento alleggerito, così da ottenere un piano per la posa del materiale isolante. Per garantire un'ottima realizzazione del pavimento galleggiante, si consiglia di realizzare, in questa fase, l'intonaco alle pareti.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm

Fascia Perimetrale

.Per evitare la formazione di collegamenti strutturali tra soletta galleggiante e pareti e/o solaio portante, viene posizionata la fascia perimetrale di spessore 6 mm, dotata di un lato adesivo che assicura il mantenimento della posizione durante il getto del massetto, e di una cimosa in politene necessaria per evitare eventuali penetrazioni di cemento tra la Fascia stessa e Disteso®.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm

Isolante acustico

.Le lastre di isolante acustico devono essere posate senza interruzioni per garantire l'isolamento dal rumore di calpestio, avendo cura di sovrapporre all'isolante anticalpestio la cimosa in politene della Fascia Perimetrale.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm

Pellicola protettiva

.Dopo aver posato le lastre di isolante acustico occorre stendere la Pellicola protettiva in politene e far sormontare i bordi della stessa, così da impedire che la parte fluida del cemento costituente il massetto penetri tra pannello e pannello.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm

Massetto Galleggiante

.Il massetto dovrà essere minimo di 5 cm di spessore ed armato con una leggera rete metallica elettrosaldata o con fibre sintetiche. Per ottenere elevate prestazioni d'isolamento acustico, si consiglia di realizzare massetti pesanti e di elevato spessore.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm

Pavimentazione

.Dopo la stagionatura del massetto possono essere posati pavimenti di ogni tipo. Il pavimento non dovrà essere a diretto contatto con l'intonaco della parete.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm

Rifilo della fascia perimetrale

.Dopo la posa del pavimento occorre rifilare la Fascia perimetrale al livello del pavimento finito.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm

Battiscopa

.Infine si procede alla posa del battiscopa, che non dovrà risultare in nessun caso a contatto con la pavimentazione. Nel caso di battiscopa in ceramica, marmo o pietre, utilizzare come sigillante tra battiscopa e pavimento un prodotto siliconico e/o elastico.

Tratto da http://www.disteso.it/fasi_opera.htm